

# TANAMAN RUMPUT GAJAH PENGHASIL BIOETHANOL



**NI KETUT SARI**

**TANAMAN RUMPUT GAJAH  
PENGHASIL BIOETHANOL**

PENERBIT  
YAYASAN HUMANIORA

RUMPUT GAJAH  
TANAMAN PENGHASIL  
BIOETHANOL

Oleh : **Ni Ketut Sari**

Edisi Pertama

Cetakan Pertama, 2010

Hak Cipta © 2010 pada penulis,  
Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, secara elektronis maupun mekanis, termasuk memphoto copy, merekam atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit. Isi buku merupakan tanggung jawab penulis.

**P E N E R B I T :**

Yayasan Humaniora

Jl. Melati gang Apel No. 6

Klaten 57412

E-mail : humaniorapenerbit@yahoo.co.id

Yulistiani, Ratna

DASAR-DASAR MIKROBIOLOGI PANGAN/

Ratna Yulistiani

- Edisi Pertama-Klaten; Yayasan Humaniora, 2008

x + 290 hlm, 1 Jil. : 23 cm

ISBN : 978-979-3327-57-0

1. TEKNOLOGI (TEKNIK)

I. Judul



---

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku dengan judul “Tanaman Rumput Gajah Penghasil Bioethanol” .

Bahan yang disajikan di dalam buku ini penulis susun sebagai upaya memperkenalkan Tanaman Rumput Gajah Penghasil Bioethanol yang dapat dipergunakan sebagai acuan bagi para mahasiswa dan peneliti yang mempelajari bidang Pemanfaatan Tanaman Rumput Gajah Menjadi Bioethanol.

Dalam buku ini dibahas tentang Rumput Gajah sebagai Bahan Bioethanol, Proses Kimia Dan Biologi Pembuatan Bioethanol Dari Rumput Gajah, Metodologi Penelitian Pembuatan Bioethanol Dari Rumput Gajah, Prosedur Analisa Pembuatan Bioethanol Dari Rumput Gajah, Hasil Dan Pembahasan Pembuatan Bioethanol Dari Rumput Gajah, Kajian Produksi Bioethanol Dari Rumput Gajah, Metodologi Penelitian Kajian Produksi Bioethanol, Hasil Dan Pembahasan Kajian Produksi Bioethanol.

Selama penyusunan buku ini penulis menyadari masih jauh dari sempurna, oleh karenanya penulis mengharap adanya kritik dan saran demi penyempurnaan buku ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang dengan prakarsanya memacu minat penulis untuk menyusun buku ini.

Ucapan terima kasih penulis tujukan pula kepada semua pihak yang telah membantu mulai dari awal persiapan sampai terlaksananya penerbitan buku ini. Semoga apa yang tertuang dalam buku ini dapat menjadi pegangan bagi mahasiswa atau peneliti yang mempelajari bidang Pemanfaatan Tanaman Rumput Gajah Menjadi Bioethanol.

Surabaya, April 2010

Penulis



---

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
BAB 1	RUMPUT GAJAH SEBAGAI BAHAN BIOETHANOL
1.1.	Pendahuluan
1.2.	Bioethanol dan Ethanol
1.3.	Prospek Rumput Gajah sebagai Sumber Bahan Baku Bioethanol
1.4.	Selulosa
BAB 2	PROSES KIMIA DAN BIOLOGI PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH
2.1.	Pendahuluan
2.2.	Proses Hidrolisis
2.2.1.	Jenis Proses Hidrolisis
2.2.2.	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Hidrolisis

	2.3.	KHAMIR
	2.4.	Proses Fermentasi
BAB 3		METODOLOGI PENELITIAN PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH
	3.1.	Pendahuluan
	3.2.	Bahan Untuk Penelitian
	3.3.	Alat Untuk Penelitian
	3.4.	Kondisi Yang Digunakan
	3.5.	Metodologi Penelitian
BAB 4		PROSEDUR ANALISA PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH
	4.1.	Pendahuluan
	4.2.	Analisa Kadar Glukosa
	4.3.	Analisa Kadar Ethanol
	4.4.	Analisa Kadar Glukosa Sisa
BAB 5		HASIL DAN PEMBAHASAN PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH
	5.1.	Pendahuluan
	5.2.	Analisa Bahan Baku
	5.3.	Proses Hidrolisis
	5.4.	Hasil Fermentasi
	5.5.	Kesimpulan Dan Saran

BAB 6                    KAJIAN PRODUKSI BIOETHANOL DARI  
RUMPUT GAJAH

- 6.1.    Pendahuluan
- 6.2.    Studi Pustaka Kajian Bioethanol
  - 6.2.1.    Kualitas Rumput Gajah
  - 6.2.2.    Sifat Fisik dan Kimia Ethanol
  - 6.2.3.    Proses Pembuatan Ethanol
  - 6.2.4.    Kualitas Ethanol
  - 6.2.5.    Kajian hasil-hasil penelitian yang telah dipublikasikan
  - 6.2.6.    Studi pendahuluan yang telah dilaksanakan

BAB 7                    METODOLOGI PENELITIAN KAJIAN PRODUKSI  
BIOETHANOL

- 7.1.    Pendahuluan
- 7.2.    Metode Penelitian Tahun Pertama
  - 7.2.1.    Tujuan Penelitian Tahun Pertama
  - 7.2.2.    Tatacara Pelaksanaan Penelitian Tahun Pertama
- 7.3.    Metode Penelitian Tahun Kedua
  - 7.3.1.    Perancangan Prototipe Peralatan Penelitian Kedua
  - 7.3.2.    Pengujian Kinerja Prototipe

BAB 8

HASIL DAN PEMBAHASAN KAJIAN PRODUKSI  
BIOETHANOL



- 8.1. Pendahuluan
- 8.2. Perlakuan Awal Penelitian Tahun Pertama
  - 8.2.1. Kualitas Rumput Gajah
  - 8.2.2. Pemotongan Rumput Gajah
  - 8.2.3. Pengeringan Rumput Gajah
- 8.3. Proses Hidrolisis Penelitian Tahun Pertama
- 8.4. Proses Fermentasi Penelitian Tahun Pertama
  - 8.4.1. Pengaruh Waktu Fermentasi Pada Penambahan Starter 8 %
  - 8.4.2. Pengaruh Waktu Fermentasi Pada Penambahan Starter 10 %
  - 8.4.3. Pengaruh Waktu Fermentasi Pada Penambahan Starter 12 %
- 8.5. Kesimpulan Dan Saran Penelitian Tahun Pertama
- 8.6. Perlakuan Awal Penelitian Tahun Kedua
  - 8.6.1. Kualitas Rumput Gajah
  - 8.6.2. Pemotongan Rumput Gajah
  - 8.6.3. Pengeringan Rumput Gajah
- 8.7. Proses Hidrolisis Penelitian Tahun Kedua
- 8.8. Proses Fermentasi Penelitian Tahun Kedua
  - 8.8.1. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Kadar Glukosa Sisa
  - 8.8.2. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Kadar HCl Sisa
  - 8.8.3. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Kadar Ethanol
  - 8.8.4. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Yield Ethanol
- 8.9. Kesimpulan Dan Saran Penelitian Tahun Kedua
- Lampiran Penelitian Tahun Kedua

8.10.

**DAFTAR PUSTAKA**  
**TENTANG PENULIS**

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>	<b>Uraian</b>	<b>Hal</b>
1.1	Jumlah Kebutuhan Ethanol Nasional	
5.1	Hasil Analisa Kadar Glukosa Awal	
5.2	Hasil Analisa Kadar Glukosa	
5.3	Hasil Analisa Kadar Glukosa	
5.4	Hasil Pengamatan Kurva Pertumbuhan	
5.5	Hasil Fermentasi dan Distilasi	
6.1	Tabel Hasil Fermentasi dan Distilasi	
8.1	Kualitas Rumput Gajah	
8.2	pH Filtrat dari Proses Hidrolisis	
8.3	Kadar Glukosa dari Proses Hidrolisis	
8.4	Kadar Selulosa dari Proses Hidrólisis pada Hari Pertama	
8.5	Kadar Selulosa dari Proses Hidrólisis pada Hari Ketiga	
8.6	Kadar glukosa sisa, yeild ethanol dan kadar HCl dari proses fermentasi untuk berat rumput gajah 100 gr	
8.7	Kadar glukosa sisa, yield ethanol dan kadar HCl dari proses fermentasi untuk berat rumput gajah 200 gr	
8.8	Kadar glukosa sisa, yield ethanol dan HCl dari proses fermentasi untuk berat rumput gajah 250 gr	
8.9	Hasil Analilisa Konsentrasi Selulosa, Glukosa dan Pati	
8.10	Kualitas Rumput Gajah	
8.11	Kadar glukosa sisa, kadar HCl, kadar ethanol dan yield ethanol pada pengulangan-1	

- 8.12 Kadar glukosa sisa, kadar HCl, kadar ethanol dan yield ethanol pada pengulangan-2
- 8.13 Kadar glukosa sisa, kadar HCl, kadar ethanol dan yield ethanol pada pengulangan-3
- 8.14 Hasil Analilisa Konsentrasi Selulosa, Glukosa dan Pati

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Uraian	Hal
1.1	Rumput gajah jenis King Grass, yang berumur sekitar 2 minggu	
1.2	Rumus Bangun Selulosa	
3.1	Gambar Proses Hidrolisis	
3.2	Gambar Proses Fermentasi	
3.3	Gambar Proses Distilasi	
5.1	Pengaruh pH hidrolisis dan berat rumput gajah terhadap kadar glukosa	
5.2	Hubungan biomassa <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> dengan waktu	
5.3	Hubungan antara kadar ethanol hasil fermentasi terhadap waktu fermentasi dan jumlah starter <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	
5.4	Hubungan antara kadar glukosa sisa fermentasi terhadap lama fermentasi dan jumlah starter <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	
6.1	Rumput gajah yang berumur sekitar 2 minggu	
6.2	Rumus Bangun Selulosa	
7.1	Peralatan Proses Hidrolisis Secara batch	
7.2	Peralatan Proses Fermentasi Secara batch	
7.3	Proses Hidrolisis Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah	
7.4	Proses Fermentasi Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah	
7.5	Peralatan Proses Hidrolisis dan Fermentasi Secara kontinyu	

- 7.6 Proses Hidrolisis Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah
- 7.7 Proses Fermentasi Secara Proses Kontinyu
- 8.1 Rumput Gajah Daerah Kediri dan Malang
- 8.2 Rumput Gajah setelah dipotong
- 8.3 Pengeringan rumput gajah dengan dioven
- 8.4 Proses Ekstraksi Rumput Gajah
- 8.5 Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap pH pada Rumput Gajah
- 8.6 Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap Kadar Glukosa pada Rumput Gajah
- 8.7 Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap Kadar Selulosa pada Hari Pertama
- 8.8 Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap Kadar Selulosa pada Hari Ketiga
- 8.9 Proses Fermentasi Filtrat Rumput Gajah
- 8.10 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Glukosa Sisa, Jumlah Starter 8 %
- 8.11 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Yeild Ethanol, Jumlah Starter 8 %
- 8.12 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar HCl, Jumlah Starter 8 %
- 8.13 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Glukosa Sisa, Jumlah Starter 10 %
- 8.14 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Yeild Ethanol, Jumlah Starter 10 %
- 8.15 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar HCl, Jumlah Starter 10 %

- 8.16 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Glukosa Sisa, Jumlah Starter 12 %
- 8.17 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Yeild Ethanol, Jumlah Starter 12 %
- 8.18 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar HCl, Jumlah Starter 12 %
- 8.19 Rumput Gajah Daerah Kediri dan Malang
- 8.20 Rumput Gajah setelah dipotong
- 8.21 Pengeringan rumput gajah dengan dioven
- 8.22 Proses Ekstraksi Rumput Gajah secara batch
- 8.23 Proses Fermentasi secara kontinyu
- 8.24 Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar Glukosa Sisa
- 8.25 Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar HCl
- 8.26 Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar Ethanol
- 8.27 Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar Yield

# BAB 1

---

## RUMPUT GAJAH SEBAGAI BAHAN BIOETHANOL

### **Pokok Bahasan :**

Ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi sudah saatnya dikurangi, bahkan dihilangkan. Untuk menanggulangnya diperlukan bahan baku alternatif yang dapat menghasilkan ethanol, sebagai bahan substitusi atau campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, dan bensin ethanol (gasohol).

Indonesia mempunyai iklim yang mempermudah tumbuhnya rumput gajah, sehingga ketersediaan rumput gajah dapat secara kontinyu melimpah. Rumput gajah merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Dewasa ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak. Terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu, tetapi rumput yang mempunyai kadar selulosa ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil ethanol.

### **Tujuan Instruksional , pembaca diharapkan :**

1. Memahami tentang ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi
2. Memahami bahwa rumput gajah dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil ethanol
3. Memahami bahwa rumput gajah yang mempunyai kadar selulosa tinggi.



### **1.1. Pendahuluan**

Pertambahan jumlah penduduk yang disertai dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat berdampak pada makin meningkatnya kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini tentu saja menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar cair juga semakin meningkat. Menurut data *Automotive Ethanol Oil*, konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia sejak tahun 1995 telah melebihi produksi dalam negeri. Diperkirakan dalam kurun waktu 10-15 tahun kedepan, cadangan minyak Indonesia akan habis. Perkiraan ini terbukti dengan seringnya terjadi kelangkaan BBM di beberapa daerah di Indonesia.

Ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi sudah saatnya dikurangi, bahkan dihilangkan. Program Pemerintah pada tahun 2025 tentang pemakaian ethanol sebagai bahan bakar, produksi ethanol hanya tergantung pada bahan baku tetes merupakan limbah pabrik gula, keberadaan pabrik gula di Indonesia tidak berkembang. Tetes yang dihasilkan tidak memenuhi kuantitas, sehingga perlu pengembangan bahan baku alternatif untuk produk ethanol. Sejak Menteri Negara Riset dan Teknologi me-launching Bahan bakar Gasohol BE-10 pada akhir Januari 2005, dimana bahan baku yang digunakan untuk pembuatan ethanol dari ketela pohon dan jagung, mempunyai harga jual yang sangat berfluktuatif, sehingga harga jualnya jauh lebih mahal dari bahan bakar minyak (BBM).

Pemerintah melakukan impor BBM, hal ini menunjukkan kebutuhan BBM nasional cukup besar sedangkan produksi dalam negeri tidak mencukupi sehingga sering terjadi kelangkaan BBM dan harga BBM menjadi sangat mahal, dan harga kebutuhan pokok ikut mahal, yang mengakibatkan terganggunya sektor ekonomi. Masalah ini dapat diatasi

dengan mengembangkan sumber energi alternatif berbahan baku minyak nabati.

## **1.2. Bioethanol dan Ethanol**

Ethanol atau *ethyl alcohol* kadang disebut juga ethanol spiritus. Ethanol digunakan dalam beragam industri seperti campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan kosmetika, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, dan bensin ethanol (gasohol). Sampai saat ini konsumsi ethanol dunia sekitar 63 persen untuk bahan bakar, terutama di Brazil, Amerika Utara, Kanada, Uni Eropa, dan Australia. Di Asia, konsumsi terbesar ethanol adalah untuk minuman keras. Jepang dan Korea Selatan adalah konsumen ethanol terbesar untuk industri ini. Fungsi ethanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan memiliki prospek bagus karena harga minyak mentah makin tinggi. Ethanol ini berfungsi sebagai penambah volume BBM, sebagai peningkat angka oktan, dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti methyl tertiary-butyl ether (MTBE)

Karena ethanol mengandung 35 persen oksigen, ia dapat meningkatkan efisiensi pembakaran. Ethanol juga ramah lingkungan karena emisi gas buangnya rendah kadar karbon monoksidanya, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca yang menjadi polutan. Ethanol juga mudah terurai dan aman karena tidak mencemari lingkungan.

Ethanol dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian, dengan demikian Ethanol sering disebut Bioethanol. Secara umum bahan tersebut dibagi dalam tiga golongan yaitu : bahan yang mengandung turunan gula sebagai golongan pertama antara lain molase, gula tebu, gula bit dan sari buah yang umumnya adalah sari buah anggur. Golongan

kedua adalah bahan-bahan yang mengandung pati seperti biji-bijian (gandum, misalnya), kentang, tapioka. Jenis atau golongan yang terakhir adalah bahan yang mengandung selulosa seperti kayu dan beberapa limbah pertanian. Selain ketiga jenis bahan tersebut diatas khususnya ethanol dapat dibuat juga dari bahan bukan asli pertanian tetapi dari bahan yang merupakan hasil proses lain, sebagai contohnya adalah etilen.

Bahan-bahan yang mengandung monosakarida ( $C_6H_{12}O_6$ ) sebagai glukosa langsung dapat difermentasi menjadi ethanol. Akan tetapi disakarida pati, atau pun karbohidrat kompleks harus dihidrolisa terlebih dahulu menjadi komponen sederhana, monosakarida. Oleh karena itu, agar tahap proses fermentasi dapat berjalan secara optimal, bahan tersebut harus mengalami perlakuan pendahuluan sebelum masuk ke dalam proses fermentasi.

Disakarida seperti gula pasir ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) harus dihidrolisa menjadi glukosa. Polisakarida seperti selulosa harus diubah terlebih dahulu menjadi glukosa. Terbentuknya glukosa berarti proses pendahuluan telah berakhir dan bahan-bahan selanjutnya siap untuk difermentasi. Secara kimiawi proses fermentasi dapat berjalan cukup panjang, karena terjadi suatu deret reaksi yang masing-masing dipengaruhi oleh enzim-enzim khusus.

Hasil atau produk yang diinginkan dari fermentasi glukosa adalah ethanol, mempunyai rumus dasar  $C_2H_5OH$  dan ethanol mempunyai sifat-sifat fisik sebagai berikut:

1. Cairan tidak berwarna
2. Berbau khas, menusuk hidung
3. Mudah menguap
4. Titik didih  $78,32\text{ }^{\circ}C$

5. Larut dalam air dan eter
6. Densitas pada 15 °C adalah 0,7937
7. Spesifik panas pada 20 °C adalah 0,579 cal/gr°C
8. Panas pembakaran pada keadaan cair adalah 328 Kcal
9. Viskositas pada 20 °C adalah 1,17 cp
10. Flash point adalah sekitar 70 °C

Sifat-sifat kimia ethanol :

1. Berat molekul adalah 46,07 gr/mol
2. Terjadi dari reaksi fermentasi monosakarida
3. Bereaksi dengan asam asetat, asam sulfat, asam nitrit, asam ionida.

(Faith and Keyes, 1957 ; Kirk Othmer vol 9 ; Soebijanto)

Didalam perdagangan dikenal tingkat – tingkat kualitas ethanol sebagai berikut :

- a. Alkohol teknis (96,5 °GL)

Digunakan terutama untuk kepentingan industri. Sebagai pelarut organik, bahan bakar, dan juga sebagai bahan baku ataupun untuk produksi berbagai senyawa organik lainnya.

- b. Spiritus (88 °GL)

Bahan ini biasa digunakan sebagai bahan bakar untuk alat pemanas ruangan dan alat penerangan.

- c. Alkohol absolute (99,7 – 99,8 °GL)

Banyak digunakan dalam pembuatan sejumlah besar obat – obatan dan juga sebagai bahan pelarut atau sebagai bahan didalam pembuatan senyawa – senyawa lain pada skala laboratorium.

- d. Alkohol murni (96,0 – 96,5 °GL)

Alkohol jenis ini terutama digunakan untuk kepentingan farmasi dan konsumsi (minuman keras dan lain – lain) (Soebijanto, 1986).

Kebutuhan ethanol di dunia makin meningkat, hal ini dapat juga dilihat pada kebutuhan nasional sebagai berikut :

Tabel 1.1. Jumlah Kebutuhan Ethanol Nasional

Tahun	Kebutuhan Ethanol (Liter)
2001	25.251.852
2002	21.076..317
2003	34.063.193
2004	230.613.100

(BPS,Surabaya)

### 1.3. Prospek Rumput Gajah sebagai Sumber Bahan Baku Bioethanol

Indonesia mempunyai iklim yang mempermudah tumbuhnya rumput gajah, sehingga ketersediaan rumput gajah dapat secara kontinyu melimpah. Rumput gajah merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Dewasa ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak. Terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu, tetapi rumput yang mempunyai kadar selulosa ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil ethanol.

Ethanol atau *ethyl alcohol* kadang disebut juga ethanol spiritus. Ethanol digunakan dalam beragam industri seperti campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan

kosmetika, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, dan bensin ethanol (gasohol). Sampai saat ini konsumsi ethanol dunia sekitar 63 persen untuk bahan bakar, terutama di Brazil, Amerika Utara, Kanada, Uni Eropa, dan Australia. Di Asia, konsumsi terbesar ethanol adalah untuk minuman keras. Jepang dan Korea Selatan adalah konsumen ethanol terbesar untuk industri ini. Fungsi ethanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan memiliki prospek bagus karena harga minyak mentah makin tinggi. Ethanol ini berfungsi sebagai penambah volume BBM, sebagai peningkat angka oktan, dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti methyl tertiary-butyl ether (MTBE).

Karena ethanol mengandung 35 persen oksigen, ia dapat meningkatkan efisiensi pembakaran. Ethanol juga ramah lingkungan karena emisi gas buangnya rendah seperti kadar karbon monoksida, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca yang menjadi polutan. Ethanol juga mudah terurai dan aman karena tidak mencemari lingkungan.

Rumput gajah dikenal dengan nama ilmiah : *Pennisetum Purpureum Schumach*. Nama daerahnya : Elephant grass, napier grass (Inggris), Herbe d'elephant, fausse canne a sucre (Prancis), Rumput Gajah (Indonesia, Malaysia), Buntot-pusa (Tagalog, Filipina), Handalawi (Bokil), Lagoli (Bagobo), Ya-nepia (Thailand), Co' duoi voi (Vietnam), Pasto Elefante (Spanyol). Rumput gajah berasal dari Afrika tropika, kemudian menyebar dan diperkenalkan ke daerah-daerah tropika di dunia. Dikembangkan terus-menerus dengan berbagai silangan sehingga menghasilkan banyak kultivar, terutama di Amerika, Philipina dan India.



Gambar 1.1. Rumput gajah jenis King Grass, yang berumur sekitar 2 minggu.

Rumput gajah merupakan keluarga rumput-rumputan (*graminae*) yang telah dikenal manfaatnya sebagai pakan ternak pemamah biak (ruminansia) yang alamiah di Asia Tenggara. Rumput ini secara umum merupakan tanaman tahunan yang berdiri tegak, berakar dalam, dan tinggi dengan rimpang yang pendek. Tinggi batang dapat mencapai 2-4 meter (bahkan mencapai 6-7 meter), dengan diameter batang dapat mencapai lebih dari 3 cm dan terdiri sampai 20 ruas/buku. Tumbuh membentuk rumpun dengan lebar rumpun hingga 1 meter. Pelepah daun gundul hingga berbulu pendek, helai daun bergaris dengan dasar yang lebar, ujungnya runcing. Kandungan nutrisi setiap ton bahan kering adalah: N : 10-30 kg ; P : 2-3 kg ; K : 30 kg ; Ca : 3-6 kg ; Mg dan S : 2-3 kg. Selain itu rumput gajah juga mempunyai kandungan lain seperti: Protein kasar : 5,20% ; Serat kasar: 40,85% (McIlroy) ; glukosa : 2,84 % (BBLK Surabaya) ; Air : 43,61% (Laboratorium OTK UPN "Veteran" JATIM).

Indonesia mempunyai iklim yang mempermudah tumbuhnya rumput gajah, sehingga ketersediaan rumput gajah dapat secara

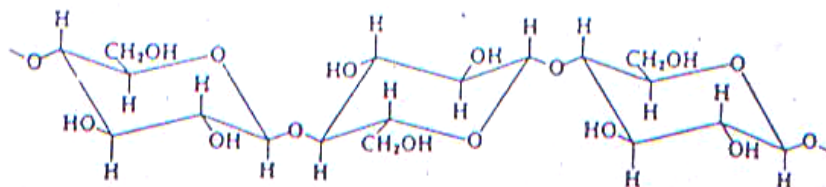
kontinyu melimpah. Rumput gajah merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Dewasa ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak. Terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu. Tetapi rumput yang mempunyai kadar selulosa ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil ethanol.

#### 1.4. Selulosa

Selulosa adalah polimer  $\beta$ -glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1  $\rightarrow$  4 diantara satuan glukosanya. Selulosa berfungsi sebagai bahan struktur dalam jaringan tumbuhan dalam bentuk campuran polimer homolog dan biasanya disertai polisakarida lain dan lignin dalam jumlah yang beragam. Molekul selulosa memanjang dan kaku, meskipun dalam larutan. Gugus hidroksil yang menonjol dari rantai dapat membentuk ikatan hidrogen dengan mudah, mengakibatkan kekristalan dalam batas tertentu. Derajat kekristalan yang tinggi menyebabkan modulus kekenyalan sangat meningkat dan daya regang serat selulosa menjadi lebih besar dan mengakibatkan makanan yang mengandung selulosa lebih liat (John M Deman,1997).

Selulosa yang merupakan polisakarida terbanyak di bumi dapat diubah menjadi glukosa dengan cara hidrolisis asam (Groggins,1985).

Gambar dari selulosa :



Gambar 1.2. Rumus Bangun Selulosa





# BAB 2

---

## **PROSES KIMIA DAN BIOLOGI PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH**

### **Pokok Bahasan :**

Proses hidrolisis selulosa harus dilakukan dengan asam pekat agar dapat menghasilkan glukosa. Dalam pembentukan alkohol melalui fermentasi, peran mikroorganisme sangat besar, pertumbuhan mikroorganisme dapat ditandai dengan peningkatan jumlah dan masa sel, sedangkan kecepatan pertumbuhan tergantung pada lingkungan fisik dan kimianya. Minuman beralkohol yang dihasilkan tanpa distilasi (hasil fermentasi) biasanya mempunyai kadar alkohol antara 12 – 15%. Untuk mempertinggi kadar alkohol sering dilakukan tahap lanjutan yaitu didistilasi dan kadar alkohol yang dihasilkan antara 95 – 96%.

### **Tujuan Instruksional , pembaca diharapkan :**

1. Memahami pengertian tentang proses hidrolisis
2. Memahami pengertian tentang khamir
3. Memahami pengertian tentang proses fermentasi

## **2.1. Pendahuluan**

Selulosa dari rumput dapat diubah menjadi ethanol dengan proses hidrolisis asam dengan kadar tertentu. Proses hidrolisis selulosa harus dilakukan dengan asam pekat agar dapat menghasilkan glukosa.

Fermentasi pertama kalinya dilakukan perlakuan dasar terhadap bibit fermentor / persiapan starter. Dimana starter diinokulasikan sampai benar-benar siap menjadi fermentor, baru dimasukkan ke dalam substrat yang akan difermentasi. Bioethanol merupakan bentuk alami yang dihasilkan dari proses fermentasi yang banyak ditemukan dalam produk bir, anggur, spiritus, dan masih banyak lagi. Minuman beralkohol dapat digolongkan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Produk hasil fermentasi yang dikonsumsi langsung
2. Produk hasil fermentasi yang didistilasi lebih dahulu sebelum dikonsumsi

Dalam pembentukan alkohol melalui fermentasi, peran mikroorganisme sangat besar dan biasanya mikroorganisme yang digunakan untuk fermentasi mempunyai beberapa syarat sebagai berikut :

1. Mempunyai kemampuan untuk memfermentasi glukosa secara cepat
2. Mempunyai genetik yang stabil (tidak mudah mengalami mutasi)
3. Toleran terhadap alkohol yang tinggi (antara 14 – 15%)
4. Mempunyai sifat regenerasi yang cepat.

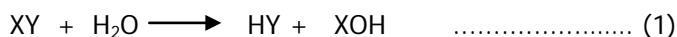
Pertumbuhan sel merupakan puncak aktivitas fisiologik yang saling mempengaruhi secara beraturan. Proses pertumbuhan ini sangat kompleks mencakup pemasukan nutrient dasar dari lingkungan ke dalam sel, konversi bahan – bahan nutrient menjadi energi dan berbagai konstituen sel yang vital serta perkembangbiakan. Pertumbuhan mikroorganisme dapat ditandai dengan peningkatan jumlah dan masa

sel, sedangkan kecepatan pertumbuhan tergantung pada lingkungan fisik dan kimianya.

Minuman beralkohol yang dihasilkan tanpa distilasi (hasil fermentasi) biasanya mempunyai kadar alkohol antara 12 – 15%. Untuk mempertinggi kadar alkohol sering dilakukan tahap lanjutan yaitu didistilasi dan kadar alkohol yang dihasilkan antara 95 – 96%.

## 2.2. Proses Hidrolisis

Hidrolisis adalah reaksi organik dan anorganik yang mana terdapat pengaruh air yang terhadap dekomposisi ganda dengan komponen yang lain, hydrogen menjadi 1 komponen dan yang lain adalah hidroksil :



Hidrolisis, merupakan proses pemecahan suatu senyawa menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan molekul air (*Othmer*, 1952).

### 2.2.1. Jenis Proses Hidrolisis

Jenis proses hidrolisis ada lima macam yaitu sebagai berikut :

#### 1. Hidrolisis murni

Pada proses ini hanya melibatkan air saja. Proses ini tidak dapat menghidrolisis secara efektif karena reaksi berjalan lambat. Hidrolisis murni ini biasanya hanya untuk senyawa yang sangat reaktif dan reaksinya dapat dipercepat dengan memakai uap air.

#### 2. Hidrolisis dengan larutan asam

Menggunakan larutan asam sebagai katalis. Larutan asam yang digunakan dapat encer atau pekat, seperti  $H_2SO_4$  atau HCl.

3. Hidrolisis dengan larutan basa

Menggunakan larutan basa encer maupun pekat sebagai katalis. Basa yang digunakan pada umumnya adalah NaOH atau KOH. Selain berfungsi sebagai katalis, larutan basa pada proses hidrolisis berfungsi untuk mengikat asam sehingga kesetimbangan akan bergeser ke kanan.

4. Alkali fusion

Hidrolisis ini dilakukan tanpa menggunakan air pada suhu tinggi, misalnya dengan menggunakan NaOH padat.

5. Hidrolisis dengan enzim

Hidrolisis ini dilakukan dengan menggunakan enzim sebagai katalis. Enzim yang digunakan dihasilkan dari mikroba seperti enzim  $\alpha$ -amylase yang dipakai untuk hidrolisis pati menjadi glukosa dan maltosa (*Groggins*, 1958).

### 2.2.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Hidrolisis

Selulosa dari rumput dapat diubah menjadi ethanol dengan proses hidrolisis asam dengan kadar tertentu. Proses hidrolisis selulosa harus dilakukan dengan asam pekat agar dapat menghasilkan glukosa. (Fieser.1963).

Proses hidrolisis ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. pH (derajat keasaman)

pH mempengaruhi proses hidrolisis sehingga dapat dihasilkan hidrolisis yang sesuai dengan yang diinginkan. pH yang baik untuk proses hidrolisis adalah 2,3. (Soebijanto, 1986).

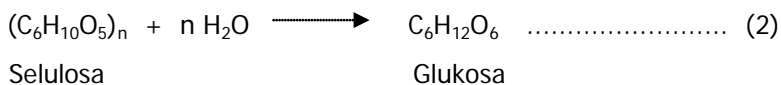
2. Suhu

Suhu juga mempengaruhi proses kecepatan reaksi hidrolisis. Suhu yang baik untuk hidrolisis selulosa adalah sekitar 21 °C

### 3. Konsentrasi

Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi hidrolisis. Untuk hidrolisis asam digunakan konsentrasi HCl pekat atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat. (Groggins, 1985)

Dalam proses ini selulosa dalam rumput gajah diubah menjadi glukosa dengan reaksi sebagai berikut:



## 2.3. KHAMIR

Khamir adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan ukuran antara 5 – 20 mikron. Biasanya berukuran sampai 5-10x lebih besar dari bakteri. Terdapat berbagai macam bentuk ragi, dan bentuk ini tergantung pada pembelahannya. Sel khamir sering dijumpai secara sel tunggal, tetapi apabila anak-anak sel tidak dilepaskan dari induknya setelah pembelahan, maka akan terjadi bentuk yang disebut pseudomiselium. Khamir tidak bergerak. Pembelahan khamir terjadi secara aseksual atau tunas. Khamir sangat berperan penting dalam membantu proses-proses pembuatan bir. Salah satu khamir yang baik untuk pembuatan ethanol adalah *Saccharomyces Cerevisiae* yang mana tunasnya berkembang dari bagian permukaan sel induk (Buckle, 1985).

## 2.4. Proses Fermentasi

Proses fermentasi yang dilakukan adalah proses fermentasi yang tidak menggunakan oksigen atau proses anaerob. Cara pengaturan produksi ethanol dari gula cukup kompleks, konsentrasi substrat, oksigen, dan produk ethanol, semua mempengaruhi metabolisme khamir, daya hidup sel, pertumbuhan sel, pembelahan sel, dan produksi ethanol. Seleksi galur khamir yang cocok dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap baik konsentrasi, substrat ataupun alkohol merupakan hal yang penting untuk peningkatan hasil (Hall dan Higgins, 1985)

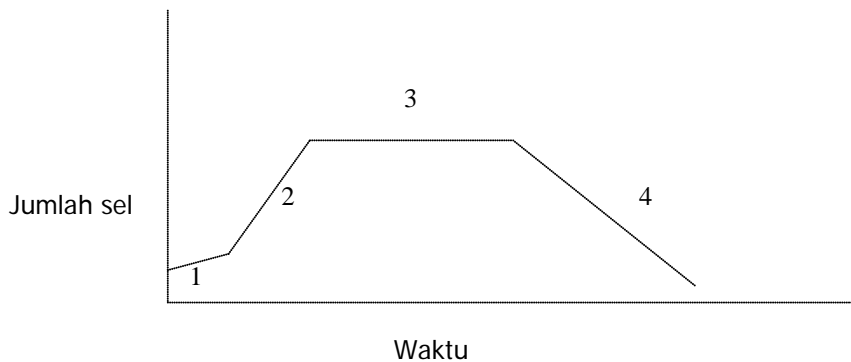
### Faktor-faktor Dalam Fermentasi

Fermentasi pertama kalinya dilakukan perlakuan dasar terhadap bibit fermentor / persiapan starter. Dimana starter diinokulasikan sampai benar-benar siap menjadi fermentor, baru dimasukkan ke dalam substrat yang akan difermentasi.(Dwijoseputro). Bibit fermentor yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces Cerevisiae*.

*Saccharomyces Cerevisiae* mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Mempunyai bentuk sel yang bulat, pendek oval, atau oval.
- b. Mempunyai ukuran sel (4,2-6,6) x (5-11) mikron dalam waktu tiga hari pada 25°C dan pada media agar.
- c. Dapat bereproduksi dengan cara penyembulan atau multilateral.
- d. Mampu mengubah glukosa dengan baik.
- e. Dapat berkembang dengan baik pada suhu antara 20-30 °C (Judoamidjojo,1992 dan Faith Keyes).

Khamir mempunyai kurva pertumbuhan tertentu, dengan adanya kurva pertumbuhan ini maka dapat diketahui waktu yang tepat untuk memasukkan khamir ke dalam substrat yang akan difermentasi.



Gambar 2.1. Kurva Pertumbuhan

Pada fase pertama, khamir masih dalam tahap pemindahan dan belum mengadakan pembiakan dan disebut fase adaptasi.

Pada fase kedua, jumlah khamir mulai bertambah banyak sedikit demi sedikit yang mana dalam fase ini sel-sel tampak lebih gemuk. Dan langsung disusul oleh fase pembiakan cepat. Dalam fase ini disebut sebagai fase log. Pada fase ini khamir berkembang biak dengan cepat. Fase ini merupakan fase yang sangat baik untuk menjadikannya sebagai inokulum.

Pada fase ketiga, khamir mulai dalam fase stagnant yaitu dimana khamir kecepatan berkembang biaknya berkurang, sehingga jumlah bakteri yang mati sama dengan jumlah bakteri yang berkembang biak. Dengan demikian, kurva menunjukkan garis yang horizontal.



Pada fase keempat karena berbagai faktor baik keadaan medium yang memburuk, perubahan pH, atau pun karena bertumpuk-tumpuknya zat kotoran, maka jumlah bakteri yang mati semakin banyak dan makin melebihi jumlah bakteri yang membelah diri, sehingga grafiknya menunjukkan keadaan menurun. Fase itu disebut fase kematian (Dwidjoseputro,1990)

Proses fermentasi dipengaruhi oleh :

### **1. Nutrisi**

Pada proses fermentasi, mikroorganisme sangat memerlukan nutrisi yang baik agar dapat diperoleh hasil fermentasi yang baik. Nutrisi yang tepat untuk menyuplai mikroorganisme adalah nitrogen yang mana dapat diperoleh dari penambahan  $\text{NH}_3$ , garam amonium, pepton, asam amino, urea. Nitrogen yang dibutuhkan sebesar 400-1000 gram/1000 L cairan. Dan fosfat yang dibutuhkan sebesar 400 gram/1000 L cairan (Soebijanto,1986).

Nutrisi yang lain adalah amonium sulfat dengan kadar 70-400 gram / 100 liter cairan.(Judoamidjojo,1992).

### **2. pH**

pH yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 4,5 – 5. Tetapi pada pH 3,5 fermentasi masih dapat berjalan dengan baik dan bakteri pembusuk akan terhambat. Untuk mengatur pH dapat digunakan NaOH dan  $\text{HNO}_3$ .

### 3. Suhu

Suhu yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah antara 20-30 °C. Makin rendah suhu fermentasi, maka akan semakin tinggi ethanol yang akan dihasilkan, karena pada suhu rendah fermentasi akan lebih komplit dan kehilangan ethanol karena terbawa oleh gas CO<sub>2</sub> akan lebih sedikit.

### 4. Waktu

Waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi adalah 7 hari (Judoamidjojo, 1992)

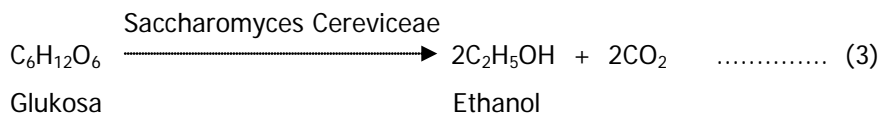
### 5. Kandungan gula

Kandungan gula akan sangat mempengaruhi proses fermentasi, kandungan gula optimum yang diberikan untuk fermentasi adalah 25%. Untuk permulaan, kadar gula yang digunakan adalah 16% (Sardjoko.1991).

### 6. Volume starter

Volume starter yang baik untuk melakukan fermentasi adalah 1/10 bagian dari volume substrat.

Dalam proses fermentasi ini, glukosa dari hasil fermentasi diubah menjadi ethanol dengan reaksi sebagai berikut :



Pada penelitian terdahulu telah dilakukan penelitian terhadap biji kapas dengan proses hidrolisis yang menggunakan 0,8 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 1 jam sehingga dihasilkan kadar glukosa tertinggi 13,848 %. Glukosa ini mendapat perlakuan fermentasi yang optimum selama 72 jam dengan kadar ethanol 7,86 % setelah proses distilasi. (Rois Akbar Zulzaki, 2005).

Pada penelitian terdahulu tentang buah siwalan dilakukan proses hidrolisis dengan pH 2,3, suhu  $100^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N. Dengan proses tersebut dapat dihasilkan kadar glukosa optimum sebesar 21,86 % kemudian dilakukan proses fermentasi dengan penambahan optimum  $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$  sebesar 9 gram sehingga didapatkan 9,92 % ethanol setelah distilasi dan kadar glukosa sisa sebesar 8,02 % (Eri Maryudha Saputra, 2007).

Pada PT. MOLINDO RAYA INDUSTRIAL dilakukan proses fermentasi pada molasses dengan kadar glukosa 12 % dapat menghasilkan ethanol dengan kadar 9 % sebelum proses distilasi. Setelah proses distilasi dapat dihasilkan kadar ethanol 96-99.9%. Pada proses fermentasi suhunya dijaga  $33^\circ\text{C}$  dan pH 4,5. Serta ditambahkan bahan-bahan penunjang seperti urea, SP 36, asam sulfat, defoaming agent.

# BAB 3

---

## METODOLOGI PENELITIAN PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH

### **Pokok Bahasan :**

Dalam pembuatan bioethanol dari rumput gajah diperlukan metodologi penelitian, sebelumnya perlu disiapkan bahan-bahan untuk penelitian. Alat-alat untuk penelitian seperti alat-alat proses hidrolisis, alat-alat proses fermentasi dan alat-alat proses distilasi. Kondisi yang digunakan pada proses hidrolisis, proses fermentasi dan proses distilasi.

Diagram alir meliputi persiapan bahan, persiapan alat, persiapan bahan, proses hidrolisis, proses fermentasi, membuat nutrient agar, membuat media cair untuk pembiakan kultur, membuat media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae* dan proses distilasi

### **Tujuan Instruksional , pembaca diharapkan :**

1. Memahami pengertian tentang proses hidrolisis dalam pembuatan bioethanol dari rumput gajah.
2. Memahami pengertian tentang proses fermentasi dalam pembuatan bioethanol dari rumput gajah.
3. Memahami pengertian tentang proses distilasi dalam pembuatan bioethanol dari rumput gajah.

### 3.1. Pendahuluan

Dalam pembuatan bioethanol dari rumput gajah diperlukan metodologi penelitian, sebelumnya perlu disiapkan bahan-bahan untuk penelitian. Alat-alat untuk penelitian seperti alat-alat proses hidrolisis, alat-alat proses fermentasi dan alat-alat proses distilasi. Kondisi yang digunakan pada proses hidrolisis, proses fermentasi dan proses distilasi. Kondisi yang digunakan berupa kondisi tetap dan kondisi berubah, dalam penentuan kondisi yang digunakan berdasarkan landasan teori.

Diagram alir meliputi persiapan bahan, persiapan alat, persiapan bahan, proses hidrolisis, proses fermentasi, membuat nutrient agar, membuat media cair untuk pembiakan kultur, membuat media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae* dan proses distilasi. Dalam proses hidrolisis digunakan asam kuat yaitu HCl. Proses fermentasi meliputi tahapan proses seperti membuat nutrient agar, membuat media cair untuk pembiakan kultur, membuat media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae*. Sedangkan proses distilasi digunakan proses distilasi batch.

### 3.2. Bahan Untuk Penelitian

1. Rumput gajah



2. Larutan HCl



3. Aquadest



4. Ekstrak daging



5. Pepton



6. Agar-agar



7.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$



8. NaOH



9. Asam sitrat



10. *Saccharomyces Cerevisiae*



1. Kecambah



### Bahan Untuk Analisa

- |   |  |
|---|--|
| 1. Fenol                                      | 5. $\text{Na}_2\text{SO}_4$  |
| 2. Ethanol                                    | 6. $(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_2\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ |
| 3. $\text{NaHCO}_3$                           | 7. $\text{H}_2\text{SO}_4$   |
| 4. $\text{Na}_2\text{CO}_3$                   | 8. $\text{Na}_2\text{H A SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$               |
| 10. $\text{Na}_2\text{SO}_4$                  | 11. garam Rochells   |
| 12. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ |  |

### 3.3. Alat Untuk Penelitian

- |                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| 1. Beaker glass    | 8. Erlenmeyer            |
| 2. Pengaduk        | 9. Pipet                 |
| 3. Pemanas         | 10. Autoclave            |
| 4. Neraca analitik | 11. Exicator             |
| 5. Piknometer      | 12. Perangkat fermentasi |
| 6. Kertas pH       | 13. Perangkat distilasi  |
| 7. Kertas saring   |                          |

#### Gambar Susunan Alat :

##### 1. Proses Hidrolisis



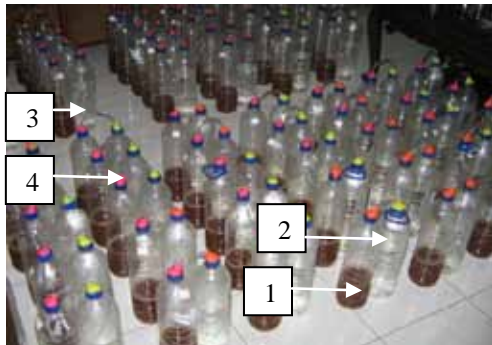
Keterangan gambar :

- 1. Pengaduk
- 2. Bak Hidrolisis

**Gambar 3.1. Gambar Proses Hidrolisis**



## 2. Proses Fermentasi

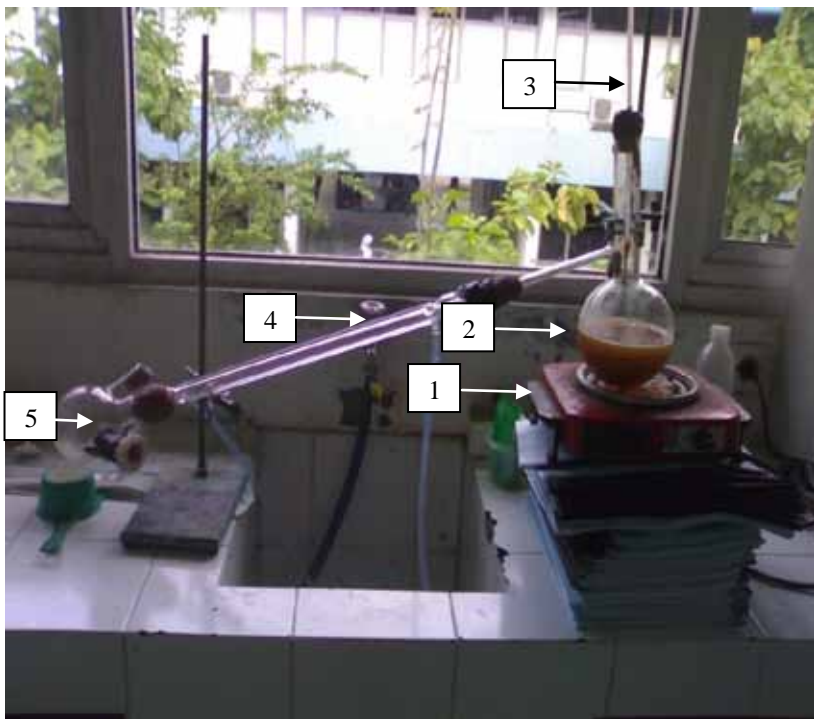


Keterangan gambar:

1. Botol fermentasi
2. Botol indikator
3. Tutup sumbat
4. Selang

**Gambar 3.2. Gambar Proses Fermentasi**

## 3. Proses Distilasi



**Gambar 3.3. Gambar Proses Distilasi**

Keterangan gambar :

1. Kompok
2. Labu distilasi
3. Thermometer
4. Kondensor
- 5 .Penampung distilat

### **3.4. Kondisi Yang Digunakan**

#### **1. Proses Hidrolisis**

Kondisi tetap : suhu : 30 °C  
: volume larutan HCl : 700 mL  
: waktu : 1 jam  
Kondisi berubah : berat rumput gajah  
25,30,35,40,45 (gram)  
: pH larutan HCl  
1,2,3,4,5

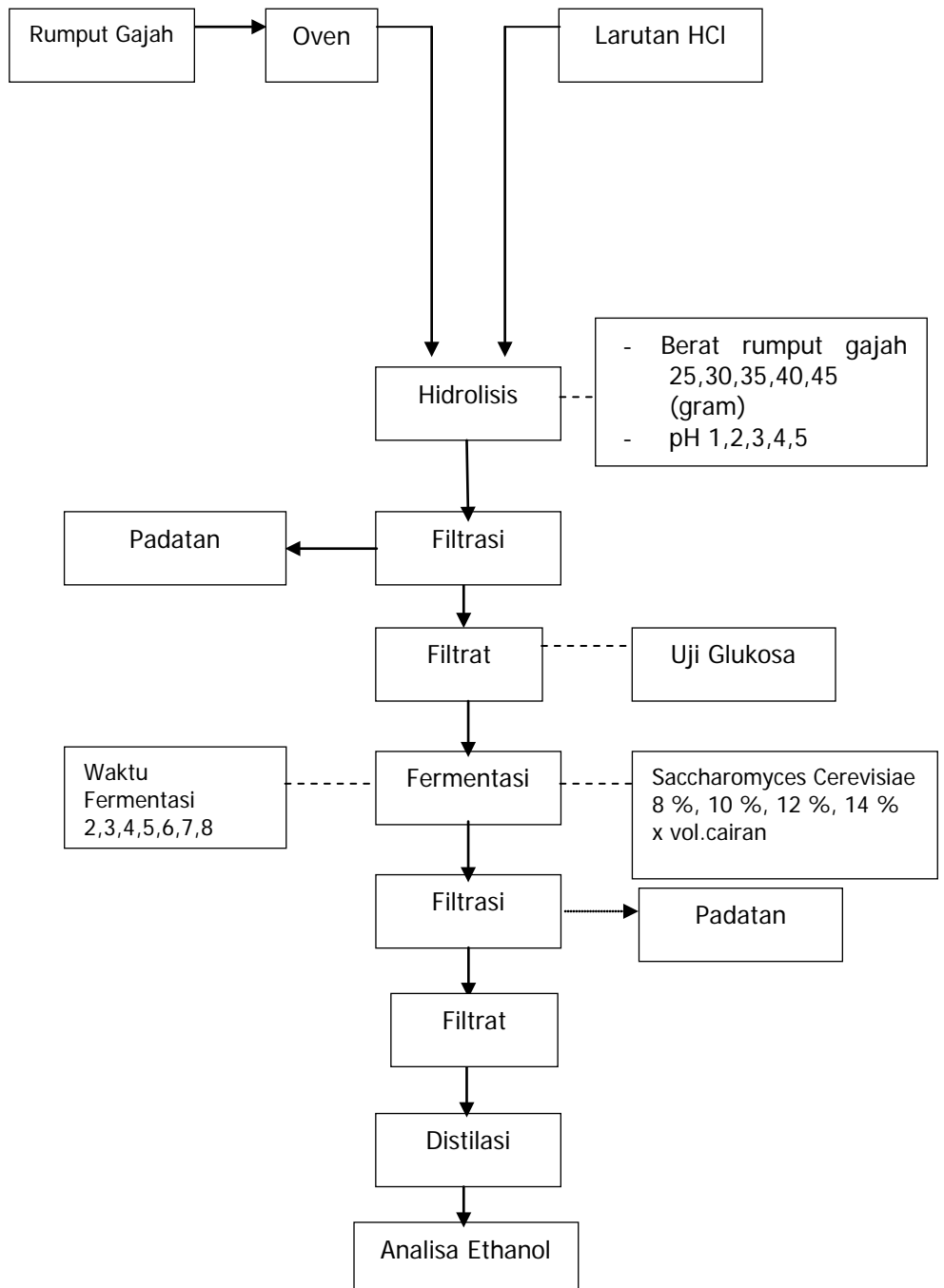
#### **2. Proses fermentasi**

Kondisi tetap : suhu : 30 °C  
: pH filtrat hidrolisis : 4,5  
: volume fermentasi : 500 mL  
Kondisi berubah : waktu  
2,3,4,5,6,7,8 (hari)  
: starter  
8 %, 10 %, 12 %, 14 %  
volume cairan

#### **3. Proses Distilasi**

Kondisi tetap : suhu : 80 °C  
: waktu : 5 jam

### 3.5. Metodologi Penelitian



### 1. **Persiapan Alat**

Alat-alat yang akan digunakan seperti beaker glass, erlenmeyer, pengaduk, dan botol-botol untuk proses hidrolis harus dibersihkan terlebih dahulu baik dengan cara pemanasan atau pencucian.

### 2. **Persiapan Bahan Baku**

Rumput gajah terlebih dahulu dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan.

### 3. **Hidrolisis**

- Menimbang rumput gajah seberat variabel yang telah dijalankan (25,30,35,40,45 gram).
- Merendam rumput gajah ke dalam 700 ml larutan HCl sesuai dengan pH yang dijalankan dan pada suhu 30°C selama 1 hari.
- Menyaring larutan tersebut dan mengambil filtratnya.
- Menganalisa kadar glukosa pada filtrat hasil hidrolisa dan mencari kondisi terbaik untuk dilakukan fermentasi.
- Menambahkan Asam Sitrat ke dalam filtrat hasil hidrolisa yang akan difermentasi hingga mencapai pH fermentasi yang telah ditetapkan 4,5

#### 4. **Fermentasi**

- Hasil glukosa terbaik yang diperoleh dari proses hidrolisis, yaitu glukosa yang diperoleh dari hidrolisis rumput gajah sebanyak 35 gr dengan pH 4 untuk larutan HCl sebanyak 700 ml.
- Menambahkan Asam Sitrat ke dalam filtrat hasil hidrolisa yang akan difermentasi hingga mencapai pH fermentasi yang telah ditetapkan ( 4,5 ).
- Memasukkan starter ke dalam larutan tersebut dalam kondisi anaerobik.
- Menutup rapat botol dan mengamati selama 1-7 hari.
- Kemudian menganalisa kadar ethanol.

#### 5. **Membuat Nutrient agar**

Bahan :

Ekstrak Daging	= 0,6 gram
Pepton	= 1 gram
Agar – agar	= 2,8 gram
Aquadest	= 200 ml

Cara :

- Bahan tersebut dicampur dalam erlenmeyer / beker gelas, dipanaskan sampai larut semua.
- Sterilkan dalam autoclave selama 15 menit.
- Dinginkan sampai kira – kira 70 °C, lalu pindahkan ke tabung reaksi yang steril, lalu tabung dimiringkan. Kerjakan dalam ruangan gelas steril.
- Media padat dalam tabung siap ditanami.
- Sisa media Nutrient agar harus disterilkan lagi.

## 6. Membuat Media Cair untuk Pembiakan Kultur

Bahan :

Ekstrak Daging	= 0,3 gram
Pepton	= 0,5 gram
NaCl	= 0,5 gram
Aquadest	= 100 ml

Cara :

- Bahan – bahan tersebut dicampur dalam erlenmeyer, lalu dipanaskan sampai mendidih selama 5 menit.
- Buatlah suasana asam dari campuran itu dengan ditambahkan asam sitrat hingga pH = 4,5. Ceklah pHnya dengan kertas pH.
- Saringlah campuran itu sehingga diperoleh cairan murni.
- Sterilkan media ini selama 30 menit pada 120 °C dalam autoclave.
- Didinginkan dan media siap ditanami.
- Setelah ditanami sebentar – sebentar di goyang / di shaker.

## 7. Membuat Media Cair untuk kurva pertumbuhan

Bahan :

Kecambah pendek	= 15 gram
Gula	= 25 gram
Aquadest	= 500 ml
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	= 5 gram

Cara :

- 15 gram kecambah (tauge) pendek yang baru tumbuh. Tumbuklah kasar – kasar, kemudian rebuslah dengan aquadest sebanyak 500 ml.

- Tambahkan gula sebanyak 25 gram
- Didihkan selama 30 menit, lalu disaring.
- Filtrat dibuat pH = 4,5, dengan penambahan asam sitrat.
- Lalu disterilkan.
- Filtratnya setelah dingin ditambahkan biakan *Saccharomyces Cerevisiae*.
- Lalu diinkubasi selama 48 jam, setiap 2 jam sekali diambil sampel (contoh) untuk dianalisa sel keringnya (sebentar – sebentar dikocok / dishaker).
- Analisa sel keringnya :  
Setiap 2 jam sekali contoh diambil 10 ml, lalu disaring, kemudian dioven pada suhu 105 °C – 110 °C. Selama 30 menit, lalu dimasukkan ke Exikator. Setelah dingin ditimbang, kemudian dioven lagi dan seterusnya sampai beratnya konstan.
- Setelah selesai percobaan. Buat kurva pertumbuhannya.

#### 8. **Pembuatan Starter *Saccharomyces Cerevisiae*.**

Bahan :

Kecambah pendek	=	150 gram
Gula	=	250 gram
Aquadest	=	5 liter
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	=	50 gram

Cara :

- 3 gram kecambah (tauge) pendek yang baru tumbuh. Tumbuklah kasar – kasar, kemudian rebuslah dengan aquadest sebanyak 100 cc.
- Tambahkan gula sebanyak 5 gram
- Didihkan selama 30 menit, lalu disaring.
- Filtrat dibuat pH = 4,5, dengan penambahan asam sitrat.
- Lalu disterilkan.
- Filtratnya setelah dingin ditambahkan biakan *Saccharomyces Cerevisiae*.

#### 9. **Distilasi**

Hasil dari fermentasi yang didapat dimasukkan kedalam labu distilasi untuk mendapatkan alkohol dari glukosa. Proses distilasi ini dijalankan pada suhu 70 - 80°C selama kurang lebih 5 jam.



# BAB 4

---

## **PROSEDUR ANALISA PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH**

### **Pokok Bahasan :**

Prosedur analisa pembuatan bioethanol dari rumput gajah meliputi analisa selulosa, glukosa, ethanol dan analisa glukosa sisa. Untuk analisa selulosadan ethanol menggunakan spektrofotometer pharo, sedangkan untuk glukosa dan glukosa sisa menggunakan alat HPLC

### **Tujuan Instruksional , pembaca diharapkan :**

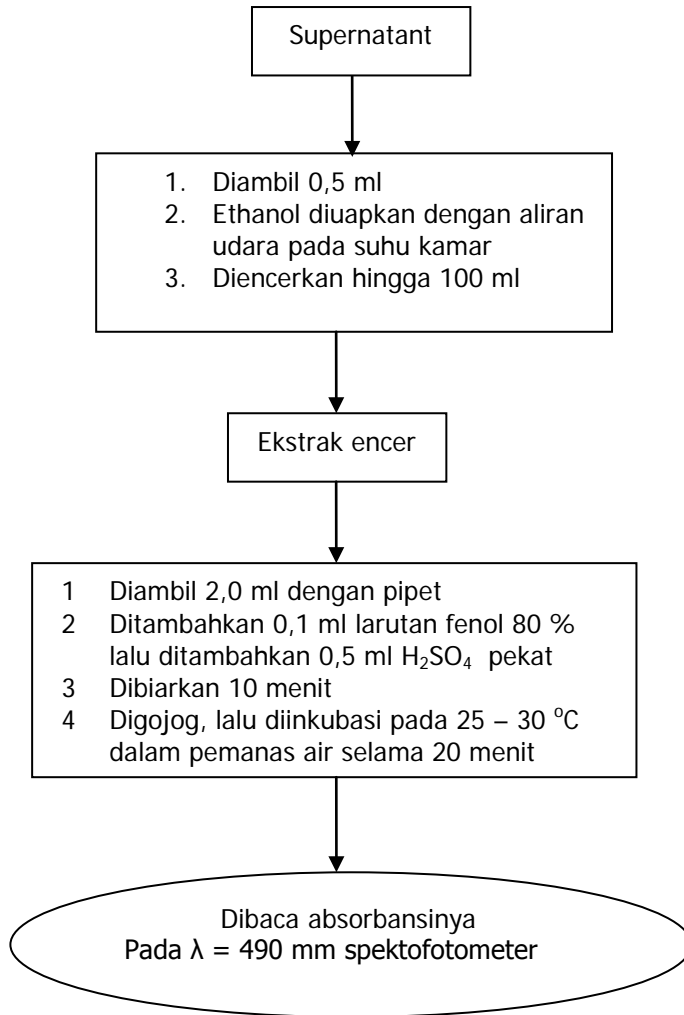
1. Memahami pengertian tentang cara analisa selulosa
2. Memahami pengertian tentang cara analisa glukosa
3. Memahami pengertian tentang cara analisa ethanol
4. Memahami pengertian tentang cara analisa ethanol

#### **4.1. Pendahuluan**

Prosedur analisa pembuatan bioethanol dari rumput gajah sangat diperlukan, meliputi analisa selulosa, glukosa, ethanol dan analisa glukosa sisa. Untuk analisa selulosa dan ethanol menggunakan spektrofotometer pharo, dalam pelaksanaan analisa digunakan kalibrasi langsung didalam alat tersebut. Sedangkan untuk glukosa dan glukosa sisa menggunakan alat HPLC, dalam pelaksanaan analisa digunakan kalibrasi tersendiri menggunakan kalibrasi linier.

#### **4.2. Analisa Kadar Glukosa**

Glukosa jika dipanaskan dengan asam mineral kuat seperti  $H_2SO_4$  akan mengalami dehidrasi menjadi furfural dan derivatnya. Proses dehidrasi ini diikuti dengan kondensasi dari derivat furfural dengan fenol dan hal ini merupakan dasar analisis metoda HPLC. Untuk perhitungan dibuat kurva standart dari larutan glukosa. Tata cara analisis gula total dilakukan seperti terlihat pada diagram.



Bahan – bahan kimia yang digunakan untuk analisa adalah :

- Fenol 80% dibuat dengan melarutkan 20 g fenol p.a. dengan 5 g air.
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat =  $\text{H}_2\text{SO}_4$  95.5%.
- Larutan glukosa 100 g ditimbang 0,01 g glukosa anhidrat ditambah 0,1 g Na benzoat, diencerkan hingga 100 ml dengan  $\text{H}_2\text{O}$ .

#### 4.3. Analisa Kadar Ethanol

- Hasil fermentasi diambil sebanyak 100 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu distilasi dan ditambah 50 cc aquadest.
- Lalu didistilasi dan hasil distilasi ditampung dengan erlenmeyer
- Hasil distilasi tersebut dimasukkan ke dalam piknometer dan ukurlah berat jenisnya.

Perhitungan :

- Timbang piknometer kosong : a gram
- Timbang piknometer yang berisi hasil distilat : b gram
- volume piknometer : v ml

$$\text{Maka : berat jenis } (\rho) = \frac{b - a}{v}$$

Dari hasil berat jenis tersebut, kemudian dilihat kadar ethanol pada tabel 3.110 Perry 6 ed.

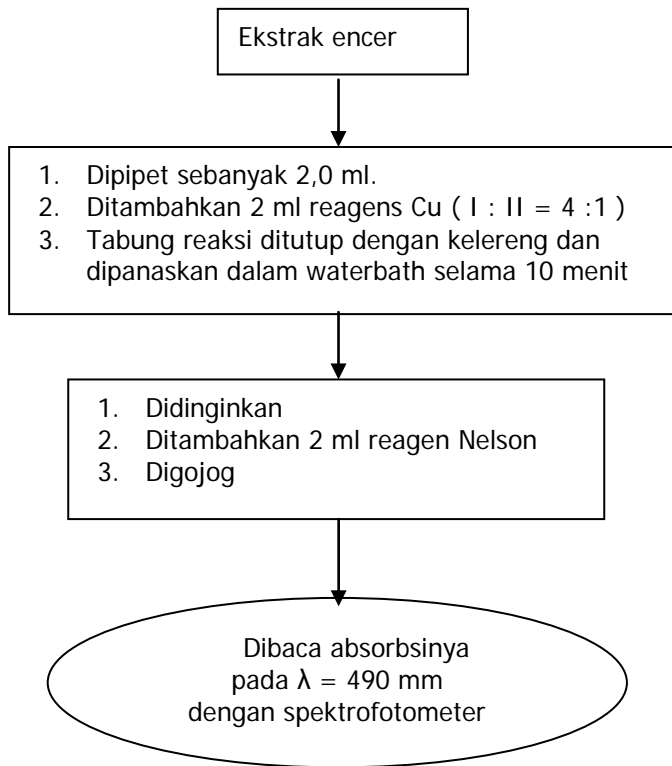
#### 4.4. Analisa Kadar Glukosa Sisa

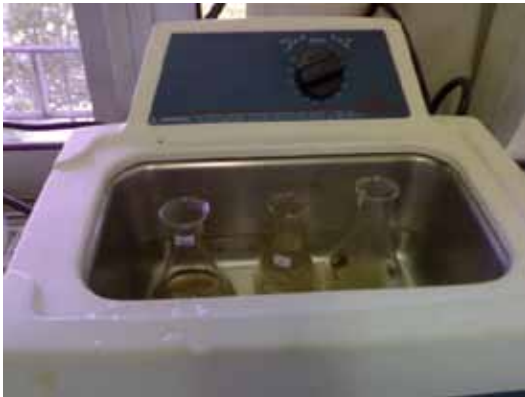
Bahan – bahan kimia yang perlu disiapkan adalah :

- Larutan I : larutan 12 g garam Rochells ( $\text{KNa-tartarat}$ ) 24 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  anhidrat, 16 g  $\text{NaHCO}_3$  dan 144 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat dalam air hingga volumenya 800 ml.
- Larutan II : larutan 4 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan 36 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dalam air, hingga volumenya 200 ml.
- Reagen Nelson : larutan 25 g ammonium molibdat  $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dalam air sebanyak 450 ml. Tambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat sebanyak 21 ml. Selanjutnya larutan 3 g  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{AsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ( Sodium arsenat heptahidrat ) dalam air 25 ml. Kedua larutan itu berwarna coklat. Simpanlah pada  $37^\circ\text{C}$  untuk 1 – 2 hari. Jika perlu, saringlah sebelum dipakai larutan yang baik adalah yang berwarna kuning tanpa sebagian berwarna hijau.

Gula Sisa dapat mereduksi ion kupri menjadi kupro-oksida, dalam hal ini mereduksi reagen Nelson (Arsenomolibdat) menghasilkan warna biru.

Hal ini digambarkan pada bagan sebagai berikut :





Penggojogan



Penyaringan dengan membrane



Analisa dengan HPLC

# BAB 5

---

## HASIL DAN PEMBAHASAN PEMBUATAN BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH

### **Pokok Bahasan :**

Rumput gajah kering dianalisa terlebih dahulu kadar glukosa sebelum dilakukan proses hidrolisis. Setelah didapat hasil analisa kadar glukosa awal, selanjutnya dilakukan proses hidrolisis untuk memecah selulosa yang terkandung dalam rumput gajah menjadi glukosa.

Dengan kadar glukosa tertentu (maksimum 16%), selanjutnya dilakukan proses fermentasi, sebelumnya dilakukan pembuatan nutrient agar, pembuatan media cair untuk pembiakan kultur, pembuatan media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae*. Dari data yang diperoleh dibuat grafik, kemudian dilakukan pembahasan.

### **Tujuan Instruksional, pembaca diharapkan :**

1. Memahami contoh pembahasan hasil pada proses hidrolisis.
2. Memahami contoh pembahasan hasil pada proses fermentasi.



### 5.1. Pendahuluan

Rumput gajah kering dianalisa terlebih dahulu kadar glukosa sebelum dilakukan proses hidrolisis. Setelah didapat hasil analisa kadar glukosa awal, selanjutnya dilakukan proses hidrolisis untuk memecah selulosa yang terkandung dalam rumput gajah menjadi glukosa. Dalam proses hidrolisis dicari pengaruh pH hidrolisis dan berat rumput gajah terhadap kadar glukosa, hubungan biomassa *Saccharomyces Cerevisiae* dengan waktu.

Dengan kadar glukosa tertentu (maksimum 16%), selanjutnya dilakukan proses fermentasi, sebelumnya dilakukan pembuatan nutrient agar, pembuatan media cair untuk pembiakan kultur, pembuatan media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae*. Dalam proses hidrolisis dicari hubungan antara kadar ethanol hasil fermentasi terhadap waktu fermentasi dan jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae*, hubungan antara kadar glukosa sisa fermentasi terhadap lama fermentasi dan jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae*.

### 5.2. Analisa Bahan Baku

Rumput gajah kering dianalisa terlebih dahulu kadar glukosa sebelum dilakukan proses hidrolisis. Hasil analisa kadar glukosa dalam rumput gajah kering adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1. Hasil Analisa Kadar Glukosa Awal

Sample	Kadar Glukosa ( % berat)
Rumput Gajah	2,84

(BBLK,Surabaya)

### 5.3. Proses Hidrolisis

Setelah didapat hasil analisa kadar glukosa awal, selanjutnya dilakukan proses hidrolisis untuk memecah selulosa yang terkandung dalam rumput gajah menjadi glukosa. Hasil analisa yang didapat untuk kadar glukosa setelah hidrolisis adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2. Hasil Analisa Kadar Glukosa

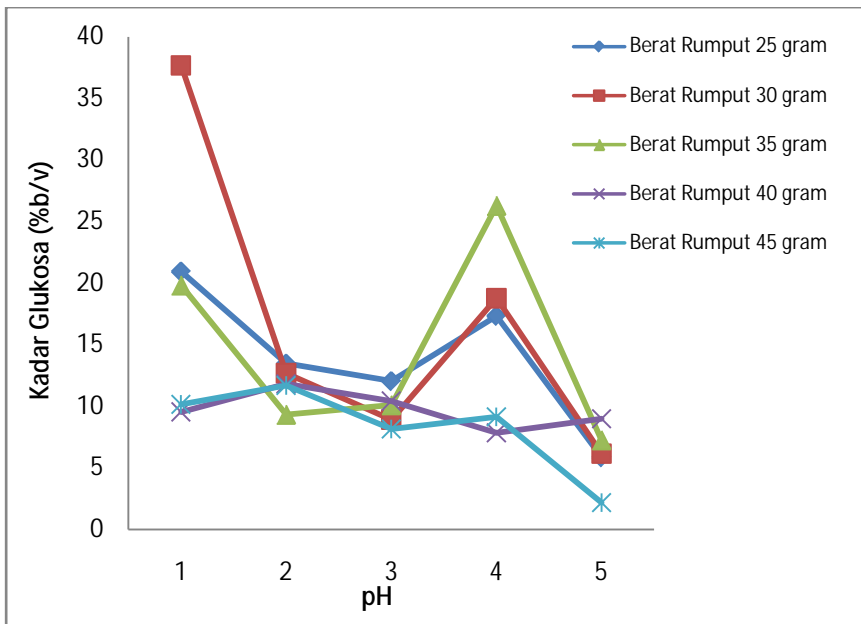
No.	pH	Berat Bahan	Kadar Glukosa
		( gram )	( % b/v )
1	1	25	20.939465
2		30	37.66994
3		35	19.82318
4		40	9.552063
5		45	10.149371
6	2	25	13.46955
7		30	12.69941
8		35	9.328094
9		40	11.82318
10		45	11.68566
11	3	25	12.04715
12		30	8.935167

( Lab. Instrumentasi UPN "Veteran" JATIM )

Tabel 5.3. Hasil Analisa Kadar Glukosa

No.	pH	Berat Bahan	Kadar Glukosa
		( gram )	( % b/v )
13	3	35	10.10216
14		40	10.43615
15		45	8.157171
16	4	25	17.33595
17		30	18.78193
18		35	26.28684
19		40	7.858546
20		45	9.13556
21	5	25	5.866405
22		30	6.172888
23		35	7.253438
24		40	8.990177
25		45	2.184676

( Lab. Instrumentasi UPN "Veteran" JATIM )



Gambar 5.1. Pengaruh pH hidrolisis dan berat rumput gajah terhadap kadar glukosa

Dari Gambar 5.1 diketahui bahwa tidak adanya hubungan yang linier antara berat rumput gajah dengan kadar glukosa. Ketidaklinieran kadar glukosa dapat disebabkan kurang stabilnya kecepatan pengadukan, hal ini dikarenakan tidak tersedianya alat pengaduk yang memadai. Sesudah berat rumput gajah 40 gram cenderung terjadi stagnasi kadar glukosa dan penurunan kadar glukosa. Hal ini disebabkan oleh terlalu banyak rumput gajah yang dimasukkan ke dalam larutan asam sehingga rumput gajah tidak dapat terhidrolisis dengan sempurna.

Dari kondisi yang dijalankan dalam proses hidrolisis kadar glukosa terbaik sebesar 37,66994 % yang diperoleh dari proses hidrolisis pada pH 2 dengan berat rumput gajah sebesar 30 gram. Hasil hidrolisis ini sesuai dengan yang dijelaskan oleh Soebijanto bahwa pH terbaik untuk hidrolisis

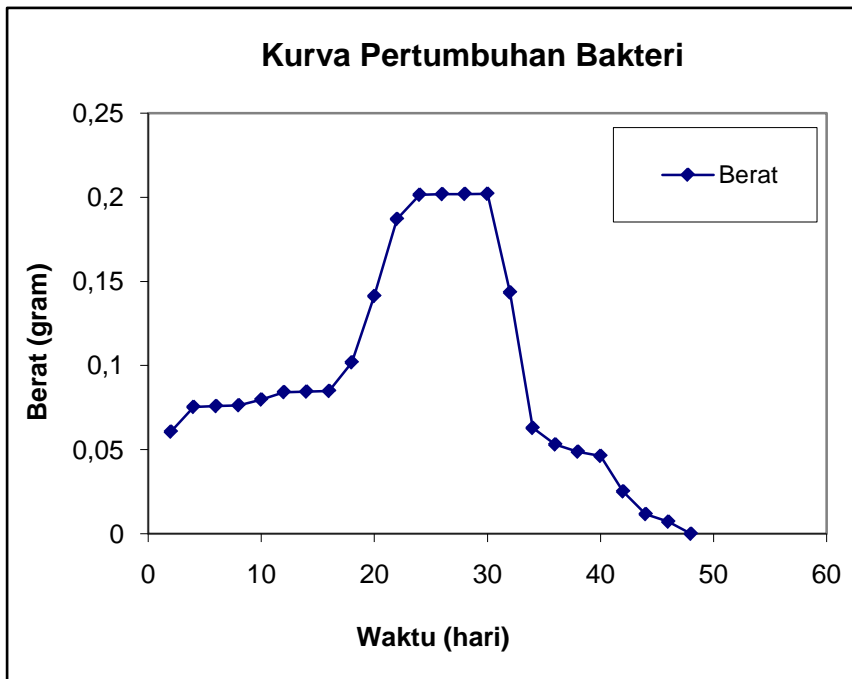
adalah 2,3. terbaik Kadar glukosa yang digunakan dalam proses fermentasi adalah sebesar 26,28684 % yang diperoleh dari proses hidrolisis pada pH 4 dengan berat rumput gajah sebesar 35 gram. Kondisi ini dipilih karena kadar glukosa optimum yang dikemukakan oleh Sardjoko untuk proses fermentasi adalah sebesar 25 %. Glukosa sebanyak 26,2864 % inilah yang akan difermentasi dengan variasi hari dan jumlah starter yang digunakan.

### **Pembiakan Bakteri *Saccharomyces Cerevisiae***

Tabel 5.4. Hasil Pengamatan Kurva Pertumbuhan

Waktu (jam)	Berat (gram)	Waktu (jam)	Berat (gram)
2	0.0607	26	0.2019
4	0.0754	28	0.202
6	0.0759	30	0.2021
8	0.0764	32	0.1435
10	0.0798	34	0.0629
12	0.0842	36	0.0531
14	0.0845	38	0.0488
16	0.0849	40	0.0463
18	0.1019	42	0.0252
20	0.1413	44	0.0117
22	0.1871	46	0.0072
24	0.2015	48	0.006

( Lab. Mikrobiologi UPN "Veteran" JATIM )



Gambar 5.2. Hubungan biomassa *Saccharomyces Cerevisiae* dengan waktu

Pada Gambar 5.2. menunjukkan gambar yang sesuai dengan yang telah dijelaskan oleh Dwidjoseputo bahwa kurva pertumbuhan bakteri mengalami empat fase yaitu fase lag yang mana *Saccharomyces Cerevisiae* mulai beradaptasi untuk tumbuh, ditunjukkan pada waktu 0 sampai 18 jam. Kemudian dilanjutkan dengan fase log pada waktu 18 sampai 24 jam. Setelah itu pada waktu 24 – 30 jam terjadi fase stasioner. Dan waktu selanjutnya merupakan fase kematian. Sehingga berdasarkan data, waktu yang terbaik untuk memasukkan starter ke dalam filtrat hidrolisis adalah pada waktu 20 jam. Hal ini dikarenakan pada waktu tersebut *Saccharomyces Cerevisiae* mulai tumbuh menjadi gemuk dan siap untuk mengkonversi glukosa menjadi ethanol.

## 5.4. Hasil Fermentasi

Tabel 5.5. Tabel Hasil Fermentasi dan Distilasi

Waktu Fermentasi (hari)	Jumlah Starter (%)	Kadar Ethanol	Kadar Ethanol	Kadar Glukosa Sisa (%)
		Sebelum distilasi (%)	Sesudah distilasi (%)	
2	6	1.354	8.69	25.8
	8	1.572	10.09	22.21
	10	1.384	8.88	25.25
	12	1.421	9.12	24.59
	14	1.231	7.9	26.1
3	6	1.416	9.09	24.66
	8	1.631	10.47	21.41
	10	1.561	10.02	22.36
	12	1.497	9.61	23.31
	14	1.357	8.71	25.2
4	6	3.079	19.76	11.34
	8	3.456	22.18	10.1
	10	3.428	22	10.17
	12	3.552	22.8	9.84
	14	3.342	21.45	10.47

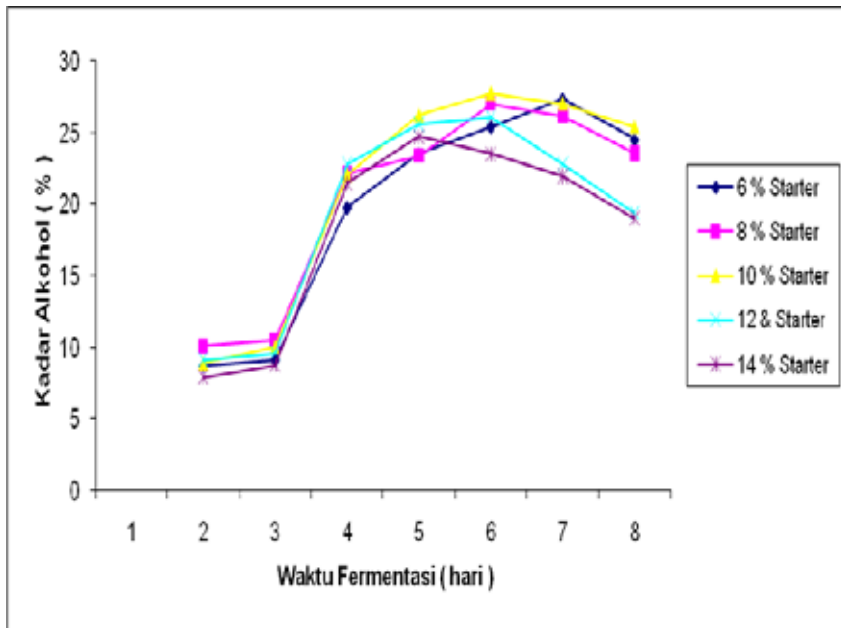
( Lab. Instrumentasi UPN "Veteran" JATIM )

Tabel 5.6. Tabel Hasil Fermentasi dan Distilasi

Waktu Fermentasi (hari)	Jumlah Starter (%)	Kadar Ethanol	Kadar Ethanol	Kadar Glukosa Sisa (%)
		Sebelum distilasi (%)	Sesudah distilasi (%)	
5	6	3.662	23.5	9.55
	8	3.644	23.39	9.59
	10	4.082	26.2	8.56
	12	3.987	25.59	8.75
	14	3.85	24.71	9.08
6	6	3.959	25.41	8.82
	8	4.207	27	8.31
	10	4.318	27.71	8.09
	12	4.064	26.08	8.6
	14	3.668	23.54	9.51
7	6	4.258	27.33	8.2
	8	4.076	26.16	8.56
	10	3.649	23.42	8.31
	12	3.552	22.8	9.84
	14	3.42	21.95	10.39
8	6	3.817	24.5	9.15
	8	3.668	23.54	9.51
	10	3.958	25.4	8.82
	12	3.018	19.37	11.56
	14	2.959	18.99	11.82

( Lab. Instrumentasi UPN "Veteran" JATIM )



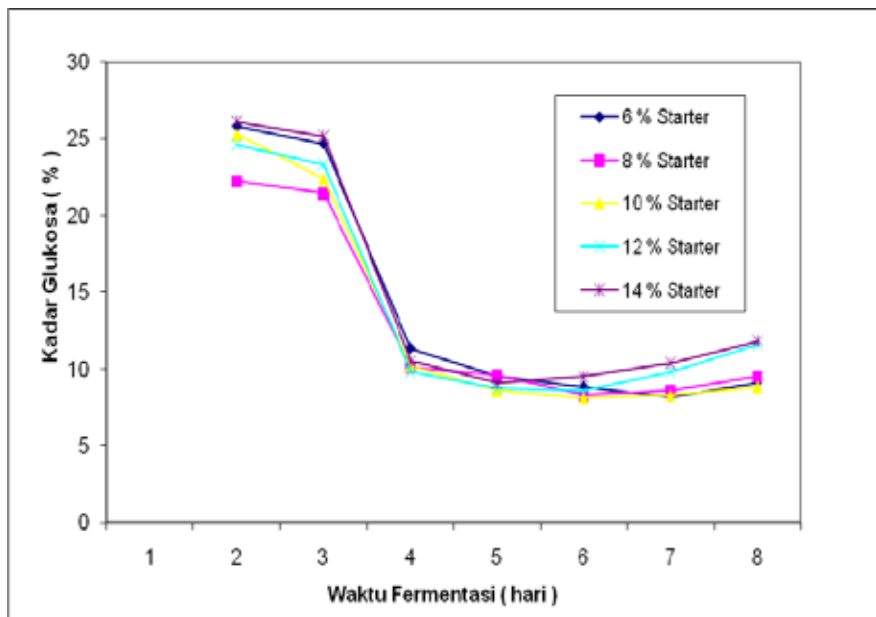


Gambar 5.3. Hubungan antara kadar ethanol hasil fermentasi terhadap waktu fermentasi dan jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae*

Pada gambar 5.3. diatas dapat dilihat bahwa peningkatan kadar ethanol sesuai dengan grafik kurva pertumbuhan. Untuk jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae* yang sama, kadar ethanol semakin meningkat,tetapi pada saat kondisi tertentu kadarnya menurun. Pada waktu fermentasi yang sama, semakin besar prosentase starter *Saccharomyces Cerevisiae* maka semakin kecil kadar ethanolnya,tetapi pada saat kondisi tertentu (10 %) kadar ethanolnya terbaik. Penurunan kadar ethanol disebabkan karena terlalu banyak jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae* yang digunakan, sedangkan jumlah substrat yang difermentasi sedikit, akibatnya *Saccharomyces Cerevisiae* tidak

mendapat cukup makanan dan akhirnya mati sehingga fermentasi tidak berjalan dengan optimal. Hasil ethanol yang terbesar yaitu 27,71 % terjadi pada saat fermentasi berlangsung selama 6 hari dengan jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae* 10 %. Sedangkan hasil yang paling rendah yaitu pada saat fermentasi berlangsung selama 2 hari dengan jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae* 14 % dan hasil ethanol yang didapat sebesar 7,9 %.

Kadar ethanol dari hasil fermentasi dengan menggunakan starter sebanyak 14 % ini kecil karena terlalu banyak jumlah starter yang digunakan sehingga *Saccharomyces Cerevisiae* hanya sedikit mendapat makanan dan akibatnya glukosa yang dikonversi menjadi ethanol juga sedikit. Penurunan kadar ethanol setelah fermentasi berlangsung selama 7 hari dikarenakan ethanol yang terkandung dalam larutan fermentasi sangat mudah berubah menjadi asam-asam organik.



Gambar 5.4. Hubungan antara kadar glukosa sisa fermentasi terhadap lama fermentasi dan jumlah starter *Saccharomyces Cerevisiae*

Pada gambar 5.4. diatas dapat dilihat bahwa kadar glukosa sisa berkebalikan dengan kadar ethanol. Pada prosentase starter yang sama, semakin lama waktu fermentasi, kadar glukosa sisa semakin rendah. Kadar glukosa sisa paling kecil (8,09 %) pada fermentasi dengan menggunakan starter *Saccharomyces Cerevisiae* sebanyak 10 %. Sedangkan kadar glukosa sisa terbesar (26,1%) yaitu pada fermentasi yang menggunakan starter *Saccharomyces Cerevisiae* sebanyak 14%.

Dari grafik dapat dilihat bahwa pada waktu fermentasi 2 hari hingga 8 hari kadar glukosa sisa untuk jumlah starter yang berbeda-beda relatif menurun. Pada penelitian kali ini menunjukkan waktu fermentasi

yang terbaik adalah 6 hari dengan menggunakan 10 % starter *Saccharomyces Cerevisiae* dengan kadar glukosa sisa sebesar 8,09 %.

Berdasarkan data dari pabrik ethanol PT.MOLINDO RAYA INDUSTRIAL dapat diketahui bahwa pada proses fermentasi dengan kadar glukosa 12 % dapat menghasilkan ethanol dengan kadar 9 %. Sedangkan dari hasil penelitian, proses fermentasi dengan kadar glukosa sebesar 26,2868 % dapat menghasilkan ethanol dengan kadar 4,318 %.

Dari hasil penelitian, seharusnya dengan kadar glukosa awal yang lebih tinggi dari glukosa awal di pabrik ethanol maka kadar ethanol yang diperoleh seharusnya lebih besar. Tetapi pada kenyataannya kadar ethanol dari penelitian lebih kecil daripada pabrik ethanol PT. MOLINDO RAYA INDUSTRIAL. Hal ini disebabkan pada proses fermentasi yang tidak berjalan dengan baik, yaitu karena pada pembuatan media dan starter yang tidak berjalan dengan baik serta kurangnya peralatan yang memadai. Kecilnya kadar ethanol disebabkan karena tidak adanya bahan penunjang yang ditambahkan ke dalam larutan fermentasi seperti urea, SP 36, asam sulfat, defoaming agent.

## **5.5. Kesimpulan Dan Saran**

### **1. Kesimpulan**

1. Kadar Glukosa awal pada Rumput Gajah kering adalah 2,84 %
2. Pada proses hidrolisis kadar glukosa yang terbaik untuk proses fermentasi adalah 26,28684 %. Kadar glukosa sebesar 26,28684 % ini diperoleh dengan menambahkan 35 gram rumput gajah kering ke dalam 700 mL larutan HCL dengan pH 4

3. Pada proses fermentasi kondisi terbaik untuk menghasilkan ethanol yaitu dengan menggunakan starter *Saccharomyces Cerevisiae* sebesar 10 % larutan glukosa. Proses fermentasi berlangsung selama 6 hari dan menghasilkan ethanol sebesar 4,318 % sebelum didistilasi dan setelah didistilasi menghasilkan ethanol sebesar 27,71 %. Setelah proses fermentasi tersebut menghasilkan kadar glukosa sisa 8.09 %.
4. Rumput Gajah dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan bio-ethanol.

## **2. Saran**

Pada penelitian ini kadar glukosa yang dihasilkan sudah maksimal, tetapi kadar ethanol yang dihasilkan tidak maksimal karena alat bioreaktor yang kurang memadai. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya menggunakan alat bioreaktor yang standart sehingga dapat dihasilkan kadar ethanol yang tinggi.

Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan dengan mencoba untuk menggunakan variasi jumlah starter dan waktu fermentasi yang lebih lama guna melihat sejauh mana kemampuan mikroorganisme dalam mengkonversi glukosa menjadi ethanol dengan sejumlah starter yang digunakan. Selain itu untuk mendapatkan kadar ethanol yang jauh lebih tinggi dan murni, ada baiknya dilakukan proses distilasi bertingkat.

# BAB 6

---

## KAJIAN PRODUKSI BIOETHANOL DARI RUMPUT GAJAH

### **Pokok Bahasan :**

Kajian produksi bioethanol dari rumput gajah akan dibahas mengenai kualitas rumput gajah, karena sebelum dilakukan proses selanjutnya perlu diperlukan kualitas bahan baku. Sifat fisik dan kimia ethanol, untuk mengetahui apakah produk yang dihasilkan sudah memenuhi sifat fisik dan sifat kimia. Proses pembuatan ethanol yang digunakan secara umum dan sudah dilakukan pembaharuan. Kajian hasil-hasil penelitian yang telah dipublikasikan. Studi pendahuluan yang telah dilaksanakan.

### **Tujuan Instruksional , pembaca diharapkan :**

1. Memahami pengertian tentang kualitas rumput gajah
2. Memahami sifat fisik dan kimia ethanol
3. Memahami proses pembuatan ethanol
4. Memahami kajian hasil-hasil penelitian yang telah dipublikasikan.
5. Memahami studi pendahuluan yang telah dilaksanakan.

## 6.1. Pendahuluan

Indonesia mempunyai iklim yang mempermudah tumbuhnya rumput gajah, sehingga ketersediaan rumput gajah dapat secara kontinyu melimpah. Rumput gajah merupakan salah satu tanaman yang kurang dimanfaatkan. Dewasa ini rumput hanya digunakan sebagai makanan ternak, terkadang rumput gajah juga dianggap sebagai tanaman pengganggu. Tetapi rumput gajah mempunyai kadar selulosa yang dapat digunakan sebagai salah satu bahan penghasil ethanol.

Ethanol atau *ethyl alcohol* kadang disebut juga ethanol spiritus. Ethanol digunakan dalam beragam industri seperti campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan kosmetika, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, bensin ethanol (gasohol) dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti (*methyl tertiary-butyl ether*/MTBE). Karena ethanol mengandung 35 persen oksigen, dapat meningkatkan efisiensi pembakaran. Ethanol juga ramah lingkungan karena emisi gas buangnya rendah kadar karbon monoksidanya, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca yang menjadi polutan serta mudah terurai dan aman karena tidak mencemari lingkungan. Sampai saat ini konsumsi ethanol dunia sekitar 63 persen untuk bahan bakar, terutama di Brazil, Amerika Utara, Kanada, Uni Eropa, dan Australia. Di Asia, Jepang dan Korea Selatan adalah konsumsi terbesar ethanol adalah untuk minuman keras.

Rumput gajah selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan dapat mengganggu lingkungan apabila dibiarkan begitu saja. Indonesia memiliki beberapa tempat penghasil rumput gajah seperti di Jawa Tengah, Jawa Barat dan Jawa Timur serta akan dikembangkan di beberapa daerah lainnya, dengan potensi tersebut dipastikan sumber

bahan baku pembuatan ethanol akan tersedia dalam jumlah yang cukup besar.

Dalam mengembangkan produk ethanol yang tinggi perlu dikaji mengenai **BAHAN**, **MEKANISME REAKSI** dan **TEKNOLOGI** yang diperlukan. Faktor yang sangat berpengaruh adalah bahan baku, proses hidrolisis dan proses fermentasi.

### **Tujuan Dan Manfaat Penelitian**

Penelitian kajian produksi bio ethanol dari rumput gajah ini bertujuan untuk menghasilkan **produk bioethanol dan suatu prototipe industri ethanol**. Disamping itu penelitian ini dapat dipergunakan sebagai acuan dalam mengembangkan industri ethanol di Indonesia, membantu mengembangkan sektor pertanian serta membantu dalam penyediaan campuran bahan bakar dan memberikan nilai ekonomi.

### **Urgensi (Keutamaan) Penelitian**

- a. Program Pemerintan pada tahun 2025 tentang pemakaian ethanol sebagai bahan bakar, produksi ethanol hanya tergantung pada bahan baku tetes merupakan limbah pabrik gula, keberadaan pabrik gula di Indonesia tidak berkembang. Tetes yang dihasilkan tidak memenuhi kuantitas, sehingga perlu pengembangan bahan baku alternatif untuk produk ethanol.
- b. Rumput gajah hasil pertanian yang melimpah dan saat ini hanya dipergunakan untuk pakan sapi.
- c. Berdasarkan kajian pendahuluan rumput gajah mengandung selulosa yang cukup besar (40,85 %) yang dapat diproduksi menjadi ethanol.
- d. Indonesia memiliki industri ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) yang nantinya dapat dipergunakan dalam produksi ethanol.



- e. Sejak Menteri Negara Riset dan Teknologi me-launching Bahan bakar Gasohol BE-10 pada akhir Januari 2005, dimana bahan baku yang digunakan untuk pembuatan ethanol dari ketela pohon dan jagung, mempunyai harga jual yang sangat berfluktuatif, sehingga harga jualnya jauh lebih mahal dari bahan bakar minyak (BBM).
- f. Pemerintah melakukan impor BBM, hal ini menunjukkan kebutuhan BBM nasional cukup besar sedangkan produksi dalam negeri tidak mencukupi sehingga sering terjadi kelangkaan BBM dan harga BBM menjadi sangat mahal, dan harga kebutuhan pokok ikut mahal, yang mengakibatkan terganggunya sektor ekonomi.
- g. Berdasarkan kajian literatur dan studi pendahuluan diketahui bahwa bahan baku yang mempunyai kadar selulosa yang tinggi dapat menghasilkan ethanol.

## **6.2. Studi Pustaka Kajian Bioethanol**

### **6.2.1. Kualitas Rumput Gajah**

Rumput gajah dikenal dengan nama ilmiah : *Pennisetum Purpureum Schumach*. Nama daerahnya : *Elephant grass, napier grass* (Inggris), *Herbe d'elephant, fausse canne a sucre* (Prancis), Rumput Gajah (Indonesia, Malaysia), *Buntot-pusa* (Tagalog, Filipina), *Handalawi* (Bokil), *Lagoli* (Bagobo), *Ya-nepia* (Thailand), *Co' duoi voi* (Vietnam), *Pasto Elefante* (Spanyol). Rumput gajah berasal dari Afrika tropika, kemudian menyebar dan diperkenalkan ke daerah-daerah tropika didunia. Dikembangkan terus-menerus dengan berbagai silangan sehingga menghasilkan banyak kultivar, terutama di Amerika, Philipina dan India. Rumput gajah merupakan keluarga rumput-rumputan (*graminae*) yang telah dikenal manfaatnya sebagai pakan ternak pemamah biak (ruminansia) yang alamiah di Asia Tenggara.

Rumput gajah secara umum merupakan tanaman tahunan yang berdiri tegak, berakar dalam, tinggi rimpang yang pendek. Tinggi batang dapat mencapai 2-4 meter (bahkan mencapai 6-7 meter), dengan diameter batang dapat mencapai lebih dari 3 cm dan terdiri sampai 20 ruas/buku. Tumbuh membentuk rumpun dengan lebar rumpun hingga 1 meter. Pelepah daun gundul hingga berbulu pendek, helai daun bergaris dengan dasar yang lebar, ujungnya runcing.

Kandungan nutrisi setiap ton bahan kering adalah : N : 10-30 kg ; P : 2-3 kg ; K : 30 kg ; Ca : 3-6 kg ; Mg dan S : 2-3 kg

(<http://aquat1.ifas.ufl.edu/penpur.html>) .

Kandungan lain dari rumput gajah adalah : protein kasar 5,2 % dan serat kasar 40,85%

(<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Gbase/DATA/Pf000301.htm>).

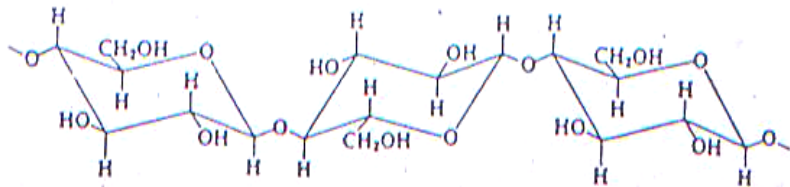


Gambar 6.1. Rumput gajah yang berumur sekitar 2 minggu.

Selulosa adalah polimer  $\beta$ -glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1, 4 diantara satuan glukosanya. Selulosa berfungsi sebagai bahan struktur dalam jaringan tumbuhan dalam bentuk campuran polimer homolog dan biasanya disertai polisakarida lain dan lignin dalam jumlah yang

beragam. Molekul selulosa memanjang dan kaku, meskipun dalam larutan. Gugus hidroksil yang menonjol dari rantai dapat membentuk ikatan hidrogen dengan mudah, mengakibatkan kekristalan dalam batas tertentu. Derajat kekristalan yang tinggi menyebabkan modulus kekenyalan sangat meningkat dan daya regang serat selulosa menjadi lebih besar dan mengakibatkan makanan yang mengandung selulosa lebih liat (*John,1997*).

Selulosa yang merupakan polisakarida terbanyak di bumi dapat diubah menjadi glukosa dengan cara hidrolisis asam (*Groggins,1985*).



Gambar 6.2. Rumus Bangun Selulosa

### 6.2.2. Sifat Fisik dan Kimia Ethanol

Hasil yang diinginkan dari fermentasi glukosa adalah ethanol, Ethanol mempunyai rumus dasar  $C_2H_5OH$  dan mempunyai sifat-sifat fisik sebagai berikut:

1. Cairan tidak berwarna
2. Berbau khas, menusuk hidung
3. Mudah menguap
4. Titik didih  $78,32^{\circ}C$
5. Larut dalam air dan ether
6. Densitas pada  $15^{\circ}C$  adalah  $0,7937$
7. Spesifik panas pada  $20^{\circ}C$  adalah  $0,579 \text{ cal/gr } ^{\circ}C$

8. Panas pembakaran pada keadaan cair adalah 328 Kcal
9. Viskositas pada 20 °C adalah 1,17 cp
10. Flash point adalah sekitar 70 °C

Sifat-sifat kimia ethanol :

1. Berat molekul adalah 46,07 gr/mol
2. Terjadi dari reaksi fermentasi monosakarida
3. Bereaksi dengan asam asetat, asam sulfat, asam nitrit, asam ionida (Faith, 1957 dan Soebijanto, 1986).

Kebutuhan ethanol di dunia makin meningkat, hal ini dapat juga dilihat pada kebutuhan ethanol nasional sebagai berikut :

Tabel 6.1. Jumlah Kebutuhan Ethanol Nasional

Tahun	Kebutuhan Ethanol (Liter)
2001	25.251.852
2002	21.076..317
2003	34.063.193
2004	230.613.100

Sumber : BPS, Surabaya

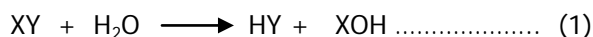
### 6.2.3. Proses Pembuatan Ethanol

Bahan-bahan yang mengandung monosakarida ( $C_6H_{12}O_6$ ) sebagai glukosa langsung dapat difermentasi menjadi ethanol. Akan tetapi disakarida pati, atau pun karbohidrat kompleks harus dihidrolisa terlebih dahulu menjadi komponen sederhana, monosakarida. Oleh karena itu, agar tahap proses fermentasi dapat berjalan secara optimal, bahan tersebut harus mengalami perlakuan pendahuluan sebelum masuk ke dalam proses fermentasi.

Disakarida seperti gula pasir ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) harus dihidrolisa menjadi glukosa. Polisakarida seperti selulosa harus diubah terlebih dahulu menjadi glukosa. Terbentuknya glukosa berarti proses pendahuluan telah berakhir dan bahan-bahan selanjutnya siap untuk difermentasi. Secara kimiawi proses fermentasi dapat berjalan cukup panjang, karena terjadi suatu deret reaksi yang masing-masing dipengaruhi oleh enzim-enzim khusus.

#### **a. Hidrolisis**

Hidrolisis adalah reaksi organik dan anorganik yang mana terdapat pengaruh air terhadap komposisi ganda (XY), menghasilkan hydrogen dengan komposisi Y dan komposisi X dengan hidroksil, dengan reaksi sebagai berikut :



Hidrolisis asam adalah hidrolisis dengan menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Dalam hidrolisis asam biasanya digunakan asam chlorida (HCl) atau asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan kadar tertentu. Hidrolisis ini biasanya dilakukan dalam tangki khusus yang terbuat dari baja tahan karat atau tembaga yang dihubungkan dengan pipa saluran pemanas dan pipa saluran udara untuk mengatur tekanan dalam udara (Soebijanto, 1986).

Selulosa dari rumput dapat diubah menjadi ethanol dengan proses hidrolisis asam dengan kadar tertentu. Proses hidrolisis selulosa harus dilakukan dengan asam pekat agar dapat menghasilkan glukosa (Fieser, 1963).

Proses hidrolisis ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. pH (derajat keasaman)

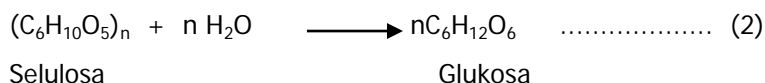
pH mempengaruhi proses hidrolisis sehingga dapat dihasilkan hidrolisis yang sesuai dengan yang diinginkan, pH yang baik untuk proses hidrolisis adalah 2,3 (Soebijanto,1986).

2. Suhu

Suhu juga mempengaruhi proses kecepatan reaksi hidrolisis, suhu yang baik untuk hidrolisis selulosa adalah sekitar 21 °C

3. Konsentrasi

Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi hidrolisis, untuk hidrolisis asam digunakan konsentrasi HCl pekat atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (Groggins,1985). Dalam proses ini selulosa dalam rumput gajah diubah menjadi glukosa dengan reaksi sebagai berikut:



Khamir adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan ukuran antara 5 – 20 mikron, biasanya berukuran sampai 5-10x lebih besar dari bakteri. Terdapat berbagai macam bentuk ragi, bentuk ini tergantung pada pembelahannya. Sel khamir sering dijumpai secara sel tunggal, tetapi apabila anak-anak sel tidak dilepaskan dari induknya setelah pembelahan, maka akan terjadi bentuk yang disebut *pseudomiselium*. Khamir tidak bergerak, pembelahan khamir terjadi secara aseksual atau tunas. Khamir sangat berperan penting dalam membantu proses-proses pembuatan bir, salah satu khamir yang baik untuk pembuatan ethanol adalah *saccharomyces cerevisiae* yang mana tunasnya berkembang dari bagian permukaan sel induk (Buckle,1985).

## **b. Fermentasi**

Proses fermentasi yang dilakukan adalah proses fermentasi yang tidak menggunakan oksigen atau proses *anaerob*. Cara pengaturan produksi ethanol dari gula cukup kompleks, konsentrasi substrat, oksigen, dan produk ethanol, semua mempengaruhi metabolisme khamir, daya hidup sel, pertumbuhan sel, pembelahan sel, dan produksi ethanol. Seleksi galur khamir yang cocok dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap baik konsentrasi, substrat ataupun alkohol merupakan hal yang penting untuk peningkatan hasil (Higgins dkk,1985).

Fermentasi pertama kalinya dilakukan perlakuan dasar terhadap bibit fermentor / persiapan starter. Dimana starter diinokulasikan sampai benar-benar siap menjadi fermentor, baru dimasukkan ke dalam substrat yang akan difermentasi (Dwijoseputro). Bibit fermentor yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*.

*Saccharomyces cerevisiae* mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Mempunyai bentuk sel yang bulat, pendek oval, atau oval.
2. Mempunyai ukuran sel (4,2-6,6) x (5-11) mikron dalam waktu tiga hari pada 25 °C dan pada media agar.
3. Dapat bereproduksi dengan cara penyembulan atau multilateral.
4. Mampu mengubah glukosa dengan baik.
5. Dapat berkembang dengan baik pada suhu antara 20-30 °C (Judoamidjojo,1992).

Proses fermentasi dipengaruhi oleh :

### **1. Nutrisi**

Pada proses fermentasi, mikroorganisme sangat memerlukan nutrisi yang baik agar dapat diperoleh hasil fermentasi yang baik. Nutrisi yang tepat untuk menyuplai mikroorganisme adalah nitrogen yang mana dapat diperoleh dari penambahan  $\text{NH}_3$ , garam amonium,

pepton, asam amino, urea. Nitrogen yang dibutuhkan sebesar 400-1000 gram/1000 L cairan. Dan phospat yang dibutuhkan sebesar 400 gram/1000 L cairan (Soebijanto,1986). Nutrisi yang lain adalah amonium sulfat dengan kadar 70-400 gram / 100 liter cairan (Judoamidjojo,1992).

2. pH

pH yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah 4,5 – 5. Tetapi pada pH 3,5 fermentasi masih dapat berjalan dengan baik dan bakteri pembusuk akan terhambat, untuk mengatur pH dapat digunakan NaOH dan HNO<sub>3</sub>.

3. Suhu

Suhu yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah antara 20-30 °C. Makin rendah suhu fermentasi, maka akan semakin tinggi etanol yang akan dihasilkan, karena pada suhu rendah fermentasi akan lebih komplit dan kehilangan etanol karena terbawa oleh gas CO<sub>2</sub> akan lebih sedikit.

4. Waktu

Waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi adalah 7 hari (Judoamidjojo.1992)

5. Kandungan gula

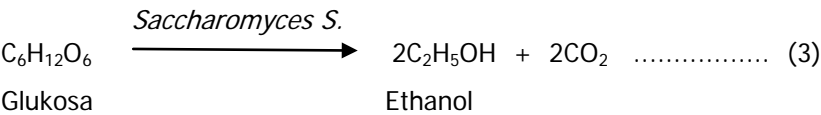
Kandungan gula akan sangat mempengaruhi proses fermentasi, kandungan gula optimum yang diberikan untuk fermentasi adalah 25%, untuk permulaan, kadar gula yang digunakan adalah 16% (Sardjoko.1991).

6. Volume starter

Volume starter yang baik untuk melakukan fermentasi adalah 1/10 bagian dari volume substrat.



Dalam proses fermentasi ini, glukosa dari hasil fermentasi diubah menjadi etanol dengan reaksi sebagai berikut :



6.2.4. Kualitas Ethanol

Kandungan Ethanol dalam rumput gajah dapat dikendalikan dengan mengatur berbagai faktor yang mempengaruhi : Konsentrasi selulosa, pati dan glukosa, pH, Perbandingan rumput gajah dengan larutan HCl, Jumlah *Saccharomyces cerevisiae*, Waktu fermentasi . Kualitas produk yang akan dihasilkan mempunyai standar komposisi sebagai berikut :

No	Komponen	Komposisi produk (% berat)
1	Rumput gajah	40 – 70%
2	Gula reduksi	15 – 25%
3	Ethanol	10 – 12%

Disamping kualitas berdasarkan komposisi, ethanol ini mempunyai keunggulan lain dibanding dengan ethanol yang ada saat ini seperti :

- a. Bahan baku rumput gajah tersedia dalam jumlah yang cukup besar
- b. Mempunyai kadar selulosa yang tinggi (40,85 %)
- c. Sesuai untuk daerah subtropis dan tropis seperti di Indonesia

#### 6.2.5. Kajian hasil-hasil penelitian yang telah dipublikasikan

Beberapa publikasi tentang proses pembuatan Ethanol yang dipublikasikan diantaranya :

- a. Penelitian yang sudah dilakukan terhadap biji kapas dengan proses hidrolisis yang menggunakan 0,8 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 1 jam sehingga dihasilkan kadar glukosa tertinggi 13,848 %, glukosa ini mendapat perlakuan fermentasi yang optimum selama 72 jam dengan kadar alkohol 7,86 % (Rois, 2005).
- b. Penelitian lain juga dilakukan terhadap buah siwalan menggunakan proses hidrolisis pada suhu  $100^\circ\text{C}$ , pH 2,3 dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N, dihasilkan kadar glukosa optimum sebesar 21,86 % kemudian dilakukan proses fermentasi dengan penambahan optimum  $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$  sebesar 9 gram, sehingga diperoleh 9,92 % ethanol dan kadar glukosa sisa sebesar 8,02 % (Eri, 2007).

#### 6.2.6. Studi pendahuluan yang telah dilaksanakan

Beberapa penelitian yang telah dilaksanakan berkaitan dengan pemanfaatan tanaman yang berselulosa tinggi sebagai ethanol diantaranya :

- a. Ni Ketut Sari, Ketut Sumada (2006), "**Kajian Produksi Ethanol dari Bengkuang**" Penelitian ini mengkaji tentang produk ethanol dengan proses hidrolisis dengan peubah derajat keasaman (pH) dan perbandingan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan bengkuang, dimana menggunakan 0,8 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 1 jam sehingga dihasilkan kadar gula reduksi tertinggi 5 % dan kadar pati 16 %. Gula reduksi ini mendapat perlakuan fermentasi yang optimum selama 24 - 72 jam dengan variable waktu fermentasi diperoleh kadar alkohol 9 %.

- b. Ni Ketut Sari, Ketut Sumada (2006), "**Kajian Produksi Ethanol dari Air Leri**" Penelitian ini mengkaji tentang menggunakan proses hidrolisis pada suhu 100 °C, pH 2,3 dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N, dihasilkan kadar gula reduksi optimum sebesar 6,7 % dan kadar pati 7 %, kemudian dilakukan proses fermentasi dengan penambahan optimum (NH<sub>4</sub>)HPO<sub>4</sub> sebesar 9 gram, sehingga diperoleh 20 % ethanol.
- c. Ni Ketut Sari (2007), "**Kajian Produksi Ethanol dari Limbah Tepung Tapioka**" Penelitian ini mengkaji tentang produk ethanol dengan proses hidrolisis yang menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N pada suhu 110 °C selama 2 jam sehingga dihasilkan kadar gula reduksi tertinggi 5 % dan kadar pati 16 %, gula reduksi ini mendapat perlakuan fermentasi yang optimum selama 5 - 25 jam dengan kadar alkohol 11 -16 %.

# BAB 7

---

## METODOLOGI PENELITIAN KAJIAN PRODUKSI BIOETHANOL

### **Pokok Bahasan :**

Dalam pembuatan bioethanol dari rumput gajah diperlukan metodologi penelitian, sebelumnya perlu disiapkan bahan-bahan untuk penelitian. Alat-alat untuk penelitian seperti alat-alat proses hidrolisis, alat-alat proses fermentasi dan alat-alat proses distilasi. Kondisi yang digunakan pada proses hidrolisis, proses fermentasi dan proses distilasi.

Diagram alir meliputi persiapan bahan, persiapan alat, persiapan bahan, proses hidrolisis, proses fermentasi, membuat nutrient agar, membuat media cair untuk pembiakan kultur, membuat media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae* dan proses distilasi

### **Tujuan Instruksional , pembaca diharapkan :**

1. Memahami pengertian tentang proses hidrolisis dalam kajian produksi bioethanol dari rumput gajah.
2. Memahami pengertian tentang proses fermentasi dalam kajian produksi bioethanol dari rumput gajah.
3. Memahami pengertian tentang proses distilasi dalam kajian produksi bioethanol dari rumput gajah.

### **7.1. Pendahuluan**

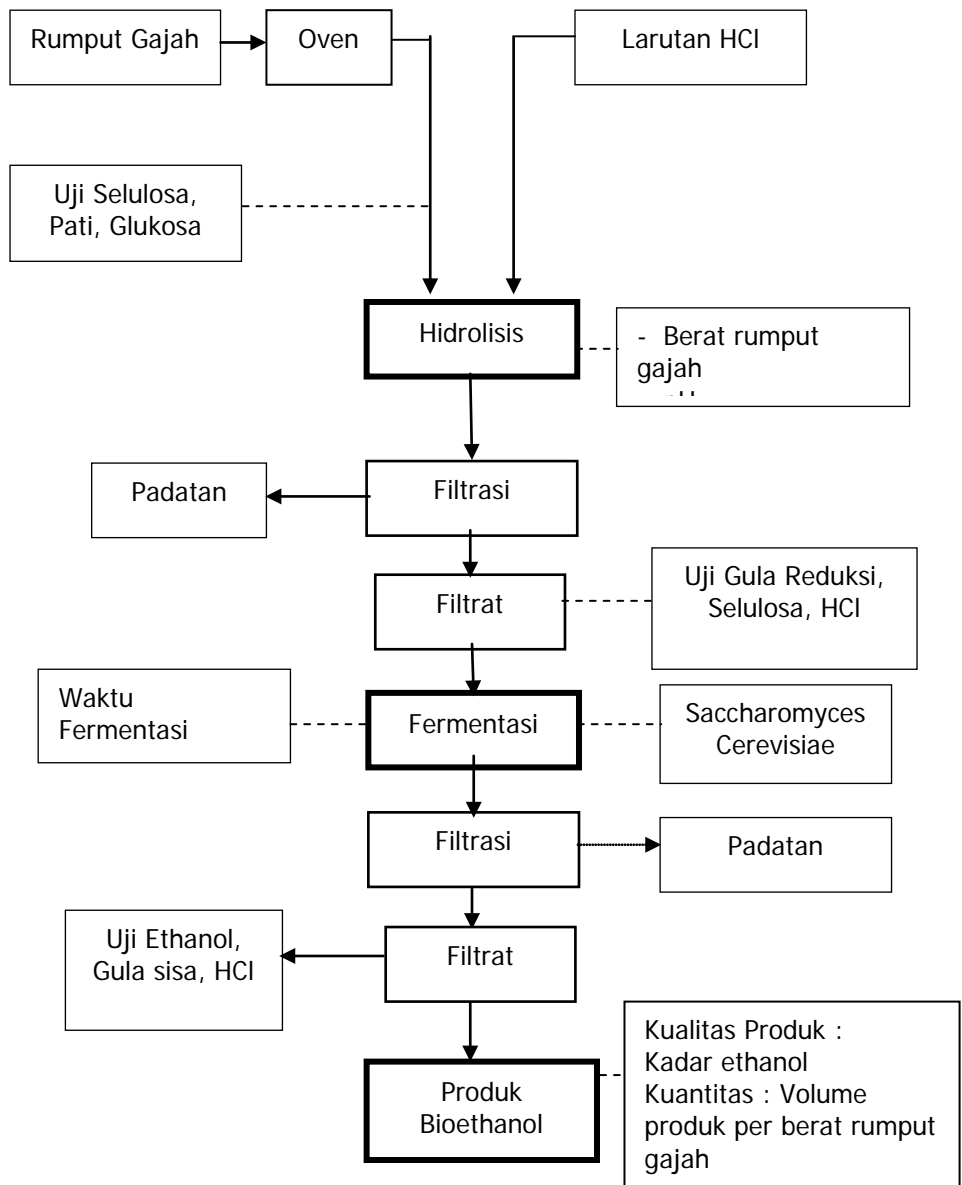
Dalam pembuatan bioethanol dari rumput gajah diperlukan metodologi penelitian, sebelumnya perlu disiapkan bahan-bahan untuk penelitian. Alat-alat untuk penelitian seperti alat-alat proses hidrolisis, alat-alat proses fermentasi dan alat-alat proses distilasi. Kondisi yang digunakan pada proses hidrolisis, proses fermentasi dan proses distilasi. Kondisi yang digunakan berupa kondisi tetap dan kondisi berubah, dalam penentuan kondisi yang digunakan berdasarkan landasan teori.

Diagram alir meliputi persiapan bahan, persiapan alat, persiapan bahan, proses hidrolisis, proses fermentasi, membuat nutrient agar, membuat media cair untuk pembiakan kultur, membuat media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae* dan proses distilasi. Dalam proses hidrolisis digunakan asam kuat yaitu HCl. Proses fermentasi meliputi tahapan proses seperti membuat nutrient agar, membuat media cair untuk pembiakan kultur, membuat media cair untuk kurva pertumbuhan, pembuatan starter *Saccharomyces Cerevisiae*. Sedangkan proses distilasi digunakan proses distilasi batch.

### **7.2. Metode Penelitian Tahun Pertama**

Metode Penelitian Kajian Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah menggunakan metode penelitian laboratorium, dilaksanakan dalam dua (2) tahun.

## Penelitian Tahun Pertama



### 7.2.1. Tujuan Penelitian Tahun Pertama

Penelitian yang dilaksanakan pada tahun pertama bertujuan untuk mengkaji :

#### 1. Kualitas dan Kuantitas Rumput Gajah.

Rumput gajah yang dipergunakan sebagai bahan kajian berasal dari hasil tanaman rumput gajah yang ditanam dipinggir lahan pertanian, yang berada di daerah Malang, Kediri, Jawa Timur.

Metode kajian yaitu melakukan survey dan analisis laboratorium untuk memperoleh data tentang kualitas dan kuantitas rumput gajah yang ada.

Hasil yang diharapkan adalah data tentang kualitas dan kuantitas rumput gajah sebelum dilakukan proses untuk menjadi ethanol.

#### 2. Proses Produksi Ethanol

Proses produksi ethanol melalui berbagai tahapan proses seperti blok diagram berikut :

Berdasarkan blok diagram proses produksi ethanol tersebut diatas untuk menghasilkan kualitas ethanol perlu mengkaji beberapa parameter yang berpengaruh seperti :

- a. Berat rumput gajah
- b. Volume HCl yang ditambahkan
- c. Temperatur pengeringan dan waktu pengadukan yang diperlukan
- d. Derajat keasaman (pH)
- e. Jumlah *saccharomyces cerevisiae* dengan volume larutan glukosa
- f. Lama waktu fermentasi yang diperlukan

Pada penelitian ini berat rumput gajah dilakukan dengan lima (5) perlakuan konsentrasi berbeda, volume air dengan satu (1) perlakuan, penambahan volume HCl dilakukan dengan lima (5) perlakuan konsentrasi berbeda, derajat keasaman (pH) dengan satu (1) perlakuan,

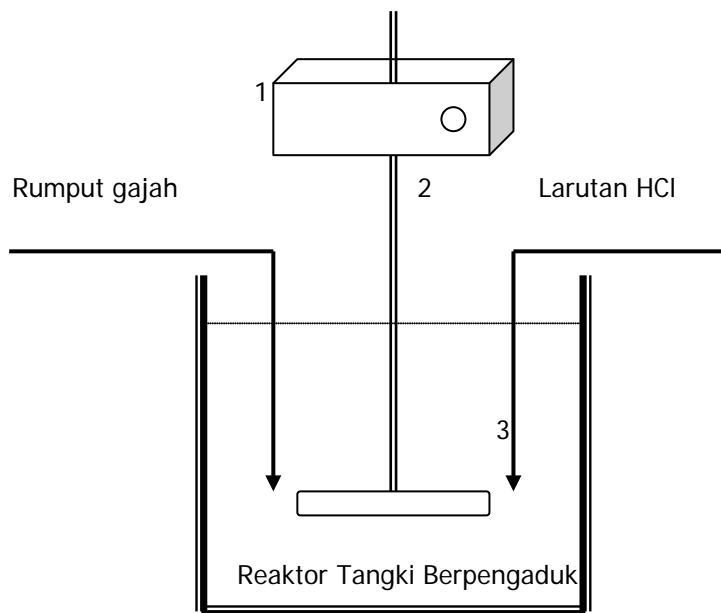
Waktu pengadukan dengan satu (1) perlakuan, volume *saccharomyces cerevisiae* dengan volume larutan glukosa dengan tiga (3) perlakuan serta waktu fermentasi dengan lima (5) perlakuan.

Jumlah data hasil penelitian  $5 \times 1 \times 5 \times 1 \times 1 \times 3 \times 5$  adalah 375 data, parameter kualitas produk yang ditinjau adalah kadar ethanol.

Hasil penelitian yang diharapkan adalah memperoleh data-data tentang kondisi terbaik setiap perlakuan, kualitas produk ethanol yang dihasilkan serta biaya produksi ethanol.

### 7.2.2. Tatacara Pelaksanaan Penelitian Tahun Pertama

Penelitian dalam tahun pertama dilaksanakan secara batch dengan peralatan seperti berikut :



Gambar 7.1. Peralatan Proses Hidrolisis Secara batch

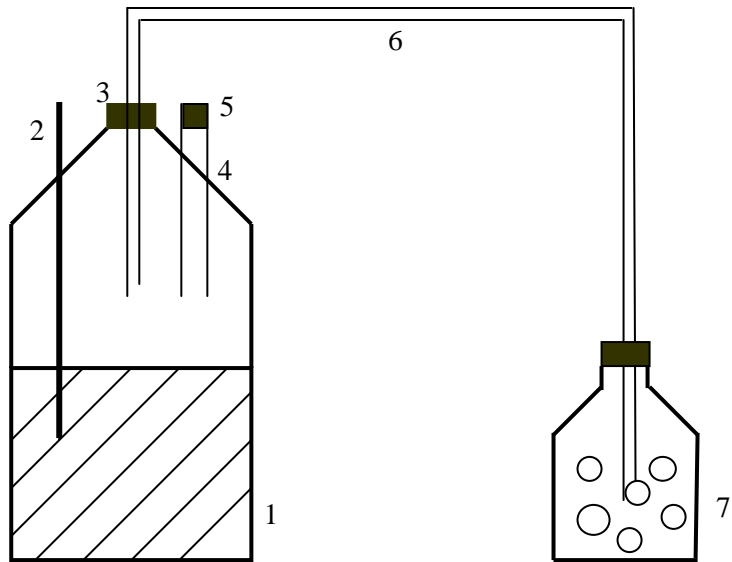


Keterangan Peralatan :

1. Motor pengaduk
2. Pengaduk (Impeller)
3. Tangki

Tatacara penelitian :

1. Analisis konsentrasi selulosa, pati, glukosa
2. Masukkan rumput gajah (sesuai perlakuan) kedalam reaktor tangki berpengaduk dengan volume tertentu.
3. Masukkan Larutan HCl dengan konsentrasi tertentu (sesuai perlakuan) dan lakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm
4. Pengadukan dilakukan dalam waktu tertentu
5. Pisahkan padatan yang terbentuk dari larutan induk
6. Cuci padatan tersebut dengan air, ratio air pencuci/padatan tertentu
7. Pisahkan padatan dari cairan
8. Keringkan padatan tersebut pada temperatur tertentu dan waktu tertentu
9. Analisis konsentrasi selulosa, glukosa dan HCl
10. Ulangi penelitian dari no 2 hingga no 9 dengan berat rumput gajah, konsentrasi larutan HCl yang berbeda-beda sesuai perlakuan.



Gambar 7.2. Peralatan Proses Fermentasi Secara batch

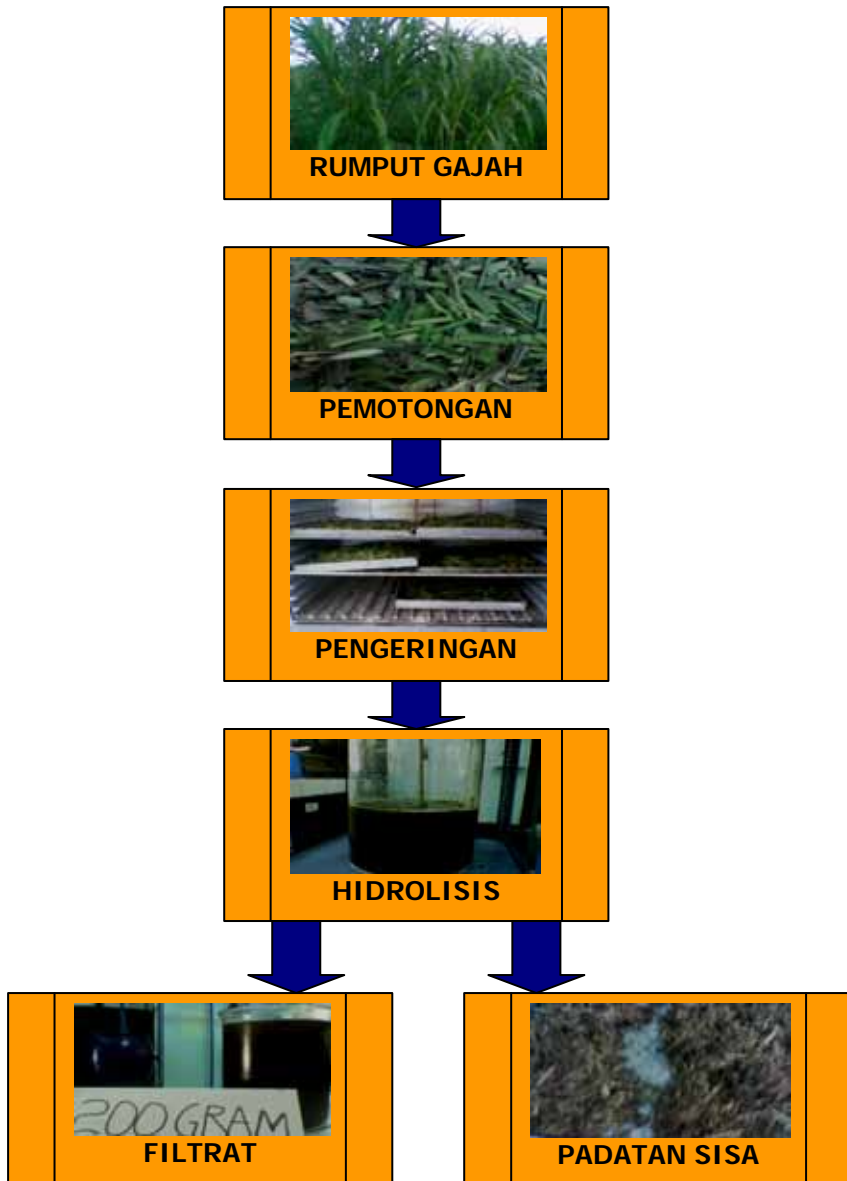
Keterangan gambar :

1. Botol fermentasi berisi larutan glukosa
2. Thermometer
3. Tutup sumbat
4. Lubang untuk nutrient
5. Tutup
6. Selang
7. Botol berisi Air

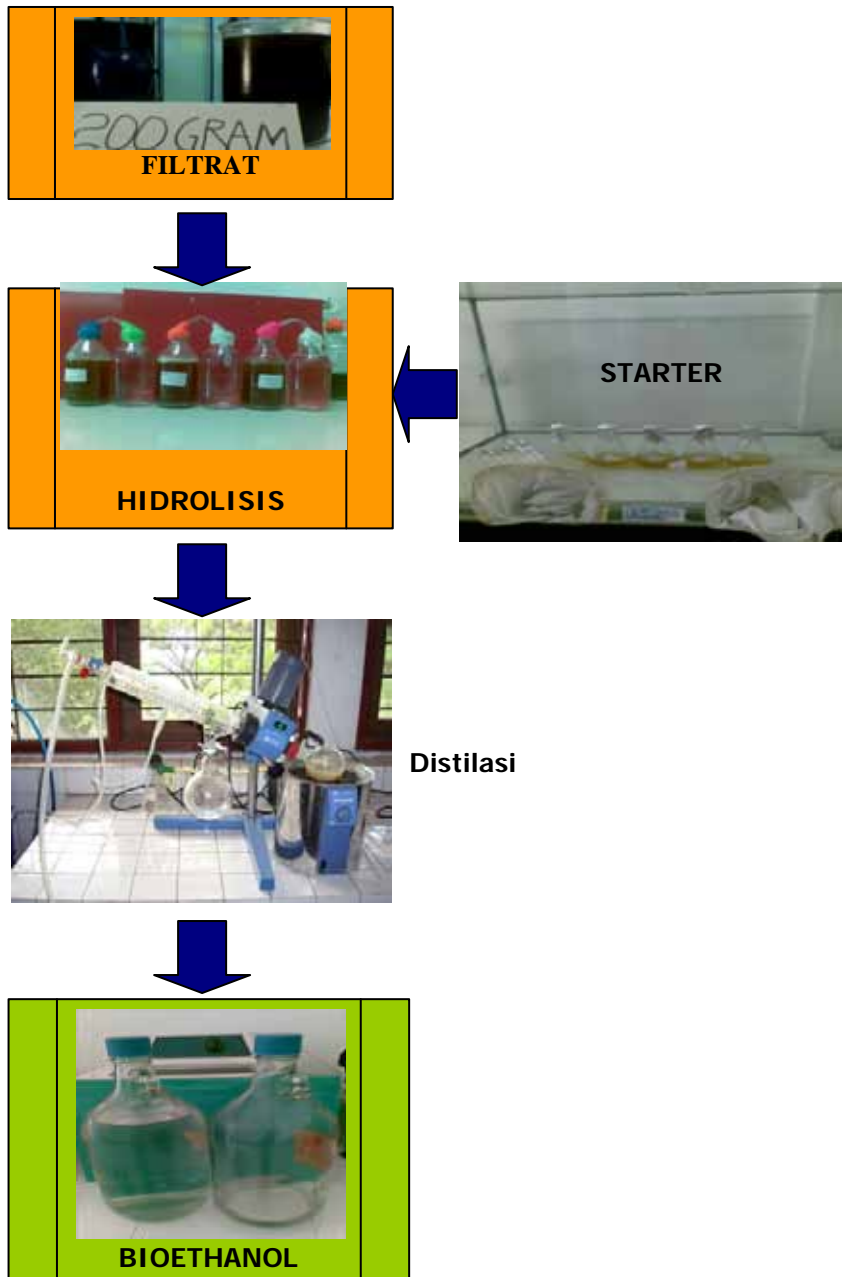
Tatacara penelitian :

1. Hasil glukosa yang terbaik dari proses hidrolisis dilanjutkan pada proses fermentasi.
2. Membuat media cair *saccharomyces cerevisiae* dari media padat *saccharomyces cerevisiae* dalam incase, media cair dibiarkan selama 2-3 hari
3. Masukkan glukosa ke dalam botol fermentasi lalu ditambahkan media cairi *saccharomyces cerevisiae* (sesuai perlakuan) dalam kondisi anaerobic.
4. Kondisi anaerobic dilakukan dengan cara menghubungkan botol fermentasi yang berisi glukosa dengan botol yang berisi air dengan selang, selang untuk botol yang berisi air dalam posisi tercelup sedangkan botol fermentasi yang berisi glukosa tidak tercelup.
5. Setelah semua bahan dimasukkan kemudian ditutup rapat dengan malam dan dibiarkan selama 1-7 hari (sesuai perlakuan).
6. Kemudian dianalisa kadar ethanol dan glukosa sisa.

## PELAKSANAAN PENELITIAN



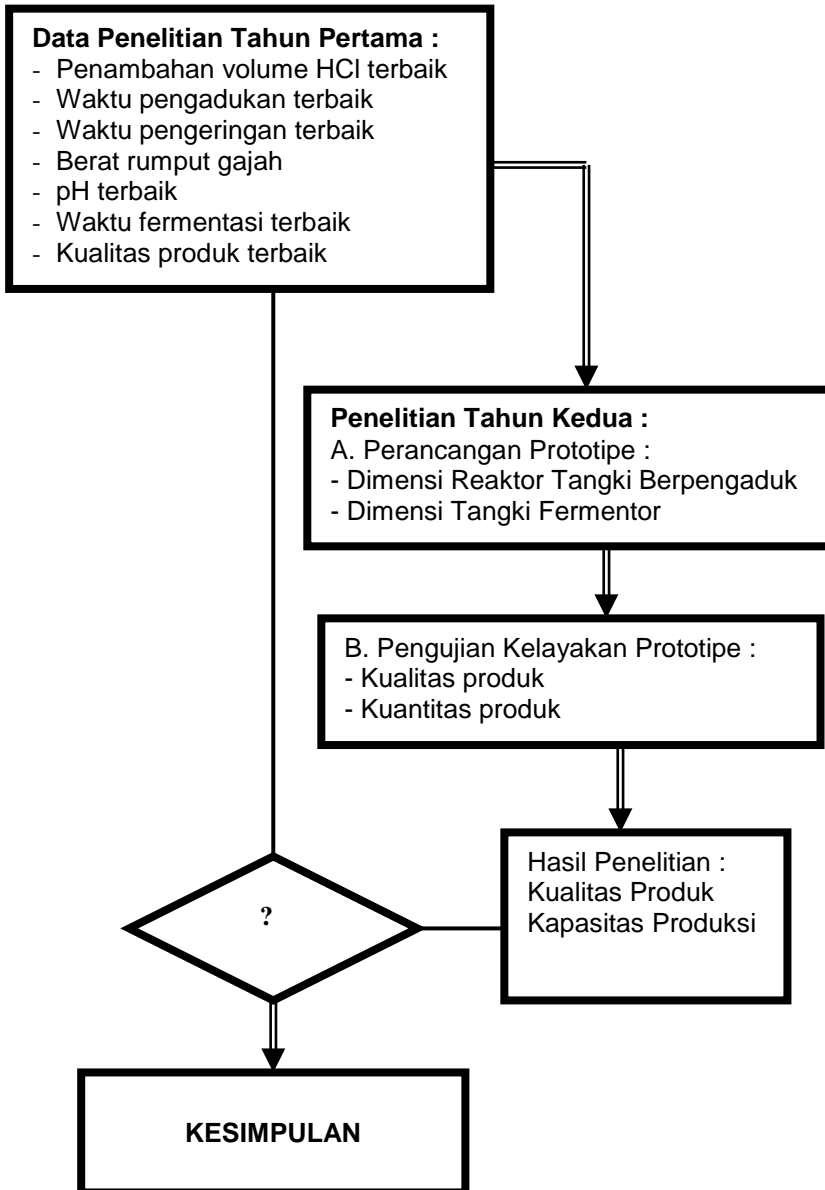
Gambar 7.3. Proses Hidrolisis Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah



Gambar 7.4. Proses Fermentasi Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah

### 7.3. Metode Penelitian Tahun Kedua

Penelitian tahun kedua bertujuan untuk menghasilkan **prototipe** proses produksi ethanol. Penelitian dilaksanakan secara kontinyu dengan jumlah produksi ethanol tertentu. Berbagai tahapan kegiatan penelitian yang dilaksanakan pada tahun kedua ini sebagai berikut :



### **7.3.1. Perancangan Prototipe Peralatan Penelitian Kedua**

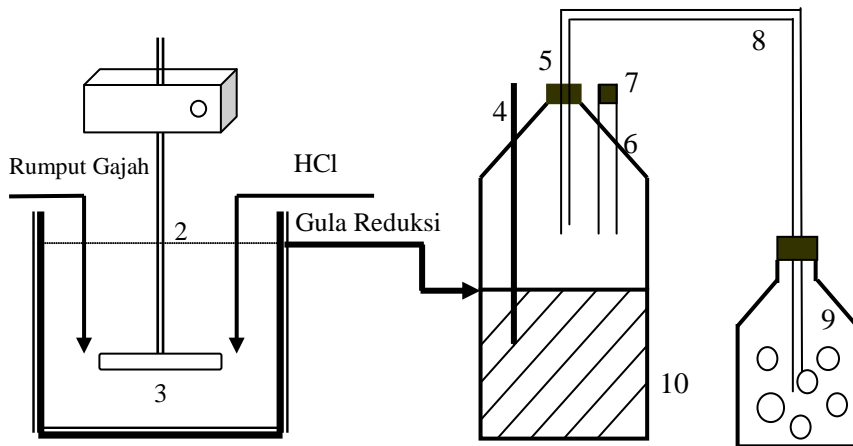
Perancangan prototipe peralatan penelitian produksi bioethanol didasarkan pada data-data hasil penelitian pada tahun pertama. Perancangan prototipe dimaksudkan untuk menentukan dimensi setiap peralatan yang diperlukan untuk kapasitas produksi pupuk tertentu. Dimensi peralatan yang perlu dirancang seperti :

- a. Dimensi bak penampung rumput gajah
- b. Dimensi Reaktor Tangki Berpengaduk
- c. Dimensi Tangki Fermentor

Hasil yang diharapkan merupakan prototipe peralatan produksi bioethanol untuk kapasitas produksi tertentu.

### **7.3.2. Pengujian Kinerja Prototipe**

Prototipe hasil rancangan dilakukan pengujian untuk mengetahui kelayakan prototipe dalam proses produksi. Pengujian prototipe dilakukan dengan mempergunakan prototipe tersebut dalam penelitian secara kontinyu, produk yang dihasilkan dilakukan analisis kualitas dan kuantitas. Kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan dibandingkan dengan kualitas dan kuantitas yang dipergunakan sebagai data perancangan. Hasil penelitian yang diharapkan berupa prototipe bioethanol. Penentuan kelayakan prototipe dalam produksi bio ethanol dilakukan dengan menganalisis kualitas dan kuantitas produk yang dihasilkan. Analisis kualitas dan kuantitas dilakukan dengan 10 kali pengulangan. Jumlah data hasil penelitian pada tahun kedua adalah 10 data, parameter kualitas produk ditinjau dari kadar selulosa, pati, glukosa, gula reduksi, kadar ethanol.



Gambar 7.5. Peralatan Proses Hidrolisis dan Fermentasi Secara kontinyu

Keterangan gambar :

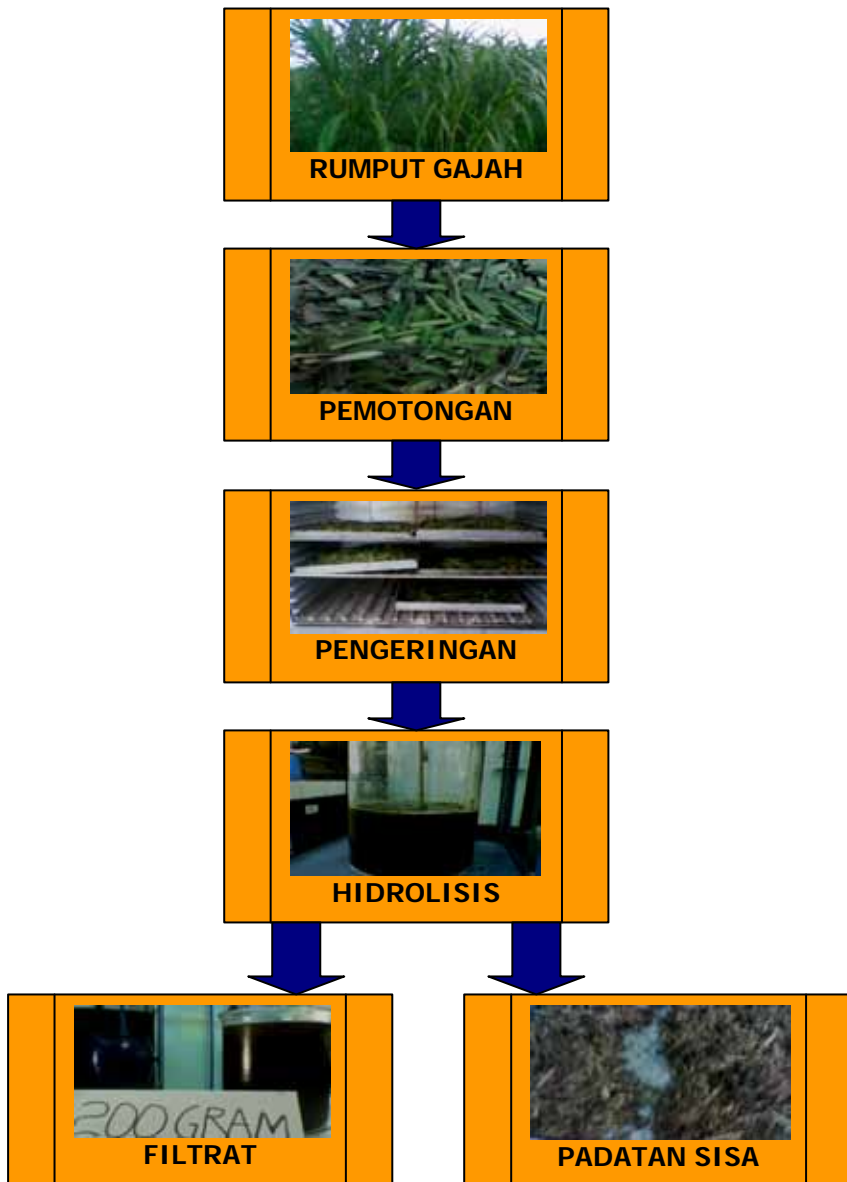
- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. Motor pengaduk      | 6. Lubang untuk nutrient       |
| 2. Pengaduk (Impeller) | 7. Tutup                       |
| 3. Tangki Hidrolisis   | 8. Selang                      |
| 4. Thermometer         | 9. Tempat Penampung Bioethanol |
| 5. Tutup sumbat        | 10. Tangki fermentasi          |



### **Tatacara penelitian :**

1. Analisis konsentrasi selulosa, pati, glukosa
2. Masukkan 200 gram rumput gajah kedalam reaktor tangki berpengaduk dengan volume H<sub>2</sub>O 7 liter.
3. Masukkan 20 ml larutan HCl dengan pengadukan, dimana kecepatan 200 rpm
4. Pengadukan dilakukan selama 1 jam
5. Pisahkan padatan yang terbentuk dari larutan induk dengan penyaringan/filtrasi.
6. Cuci padatan tersebut dengan air, keringkan padatan tersebut pada temperatur tertentu dan waktu tertentu, kemudian dipakai kompos.
7. Analisis konsentrasi selulosa, pati dan glukosa
8. Hasil glukosa dari proses hidrolisis di batasi 12 sampai 16 %, kalau lebih dari 16 % maka larutan diencerkan dengan aquadest. Hal ini dilakukan supaya bakteri *saccharomyces cereviceae* dalam proses fermentasi tidak mati, setelah kadar glukosa sudah memenuhi syarat dilanjutkan pada proses fermentasi.
9. Masukkan filtrat ke dalam tangki fermentor dengan volume lalu ditambahkan 10 % bakteri *saccharomyces cerevisiae* dari filtrat, dalam kondisi anaerobik.
10. Membuat nutrient agar dan media cair untuk pembiakan kultur, pembuatan media cair dan starter untuk kurva pertumbuhan.
11. Setelah semua bahan dimasukkan kemudian ditutup rapat dan dibiarkan selama 6 hari.
12. Kemudian dianalisa kadar ethanol, glukosa sisa, HCl

**PELAKSANAAN PENELITIAN PROSES BATCH :**



Gambar 7.6. Proses Hidrolisis Produksi Bioethanol dari Rumput Gajah

**PELAKSANAAN PENELITIAN PROSES KONTINYU :**



Gambar 7.7. Proses Fermentasi Secara Proses Kontinyu

# BAB 8

---

## HASIL DAN PEMBAHASAN KAJIAN PRODUKSI BIOETHANOL

### **Pokok Bahasan :**

Hasil dan pembahasan kajian bioethanol meliputi perlakuan awal penelitian tahun pertama, yang terdiri dari kualitas rumput gajah pemotongan rumput gajah dan pengeringan rumput gajah. Setelah itu dilakukan proses hidrolisis dan proses fermentasi penelitian tahun pertama dengan variabel berat rumput gajah, pH, volume HCl, waktu fermentasi dan starter (*Saccaromyces Cereviceae*).

Hasil dan pembahasan kajian bioethanol meliputi perlakuan awal penelitian tahun kedua, dari hasil penelitian tahun pertama diperoleh kondisi optimum seperti pH, yield glukosa, kemudian dari hasil optimum tersebut dilakukan proses fermentasi. Kadar glukosa maksimum 16 % pada proses fermentasi penelitian tahun kedua, dengan variabel rate filtrat hasil hidrolisis, kadar starter (*Saccaromyces Cereviceae*).

### **Tujuan Instruksional , pembaca diharapkan :**

1. Memahami pengertian tentang perlakuan awal penelitian tahun pertama.
2. Memahami pengertian tentang proses hidrolisis penelitian tahun pertama.
3. Memahami pengertian tentang proses fermentasi penelitian tahun pertama.
4. Memahami pengertian tentang perlakuan awal penelitian tahun kedua.
5. Memahami pengertian tentang proses hidrolisis penelitian tahun kedua.
6. Memahami pengertian tentang proses fermentasi penelitian tahun kedua.

### **8.1. Pendahuluan**

Hasil dan pembahasan kajian bioethanol meliputi perlakuan awal penelitian tahun pertama, yang terdiri dari kualitas rumput gajah yang akan digunakan, setelah itu dilakukan pemotongan rumput gajah sepanjang 3-5 cm dan pengeringan rumput gajah dilakukan secara alami kemudian dioven untuk memenuhi standar SNI. Setelah itu dilakukan proses hidrolisis penelitian tahun pertama, akan dicari pH, kadar glukosa dan kadar selulosa sisa terhadap penambahan volumen HCl. Kadar glukosa maksimum 16 % pada proses fermentasi penelitian tahun pertama, setelah itu dicari kadar glukosa sisa, yield ethanol dan kadar HCl terhadap kadar starter (*Saccaromyces Cereviceae*).

Hasil dan pembahasan kajian bioethanol meliputi perlakuan awal penelitian tahun kedua, yang terdiri dari kualitas rumput gajah yang akan digunakan, setelah itu dilakukan pemotongan rumput gajah sepanjang 3-5 cm dan pengeringan rumput gajah dilakukan secara alami kemudian dioven untuk memenuhi standar SNI. Setelah itu dilakukan proses hidrolisis penelitian tahun kedua, digunakan pH tetap, berat rumput gajah tetap, volumen HCL tetap. Kadar glukosa maksimum 16 % pada proses fermentasi penelitian tahun kedua, setelah itu dicari kadar glukosa sisa, yield etanol, kadar ethanol dan kadar HCl terhadap rate filtrat hasil hidrolisis.

## **8.2. Perlakuan Awal Penelitian Tahun Pertama**

### **8.2.1. Kualitas Rumput Gajah**



**Gambar 8.1. Rumput Gajah Daerah Kediri dan Malang**

Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui kualitas rumput gajah seperti tercantum dalam Tabel 8.1.

**Tabel 8.1. Kualitas Rumput Gajah**

No	Parameter	Konsentrasi 1 (%)	Konsentrasi 2 (%)	Konsentrasi Rata-rata (%)
1	Selulosa	48,008	48,102	48,055
2	Glukosa	4,774	4,898	4,836
3	Pati	20,318	20,416	20,367
	TOTAL	73,100	73,416	73,258

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang tercantum dalam tabel 8.1. tersebut diatas, diketahui bahwa jumlah unsur pembentuk bioethanol (selulosa, glukosa dan pati), untuk selulosa rata-rata sebesar 48,055 %, ini berarti jika seluruhnya bisa terhidrolisis secara sempurna diperoleh selulosa dalam jumlah yang besar. Dalam 100 gram rumput gajah dapat dihasilkan minimal selulosa sebesar 48,055 gram. Mengingat komposisi selulosa yang tinggi pada rumput gajah, proses hidrolisis diharapkan berjalan dengan sempurna, sehingga semua selulosa terdegradasi secara sempurna menjadi glukosa.

### **8.2.2. Pemotongan Rumput Gajah**

Pemotongan rumput gajah dengan panjang kurang lebih 5 cm untuk memperoleh kadar glukosa yang tinggi dan selulosa bisa terhidrolisis dengan larutan HCl. Sebaiknya rumput gajah dibuat dalam bentuk powder, sehingga selulosa bisa terhidrolisis sempurna, akan tetapi dibutuhkan biaya yang lebih tinggi. Disamping itu juga dikhawatirkan kalau rumput gajah dalam bentuk powder terjadi destruksi secara fisik, sehingga menyebabkan gugus glukosa rusak. Pada Gambar 5.2 terlihat setelah dilakukan pemotongan dilakukan pengeringan secara alami, yaitu

ditaruh diatas meja pada suhu kamar sebelum dilakukan pengeringan menggunakan oven.



**Gambar 8.2. Rumput Gajah setelah dipotong**

### **8.2.3. Pengeringan Rumput Gajah**



**Gambar 8.3. Pengeringan rumput gajah dengan dioven**

Pengeringan rumput gajah dilakukan secara alami terlebih dahulu dengan suhu kamar, setelah 2 – 3 hari baru dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 100 °C selama 3 jam, hal ini dilakukan untuk penghematan biaya. Pengeringan merupakan proses



yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam rumput gajah, 6ltr sebelum dilakukan proses standar yang diijinkan berdasarkan SNI adalah 1 %.

### **8.3. Proses Hidrolisis Penelitian Tahun Pertama**

Proses ekstraksi dilakukan dengan berat rumput gajah bervariasi yaitu : 50 100, 150, 200, 250, 300 gram dengan penambahan 6ltrat HCl yang bervariasi : 10, 20, 30, 40, 50 ml. Setelah proses ekstraksi selesai diperoleh filtrat dan padatan, filtrat akan diproses secara proses fermentasi untuk memperoleh kadar 6iltra dan padatan bisa digunakan sebagai pupuk kompos.



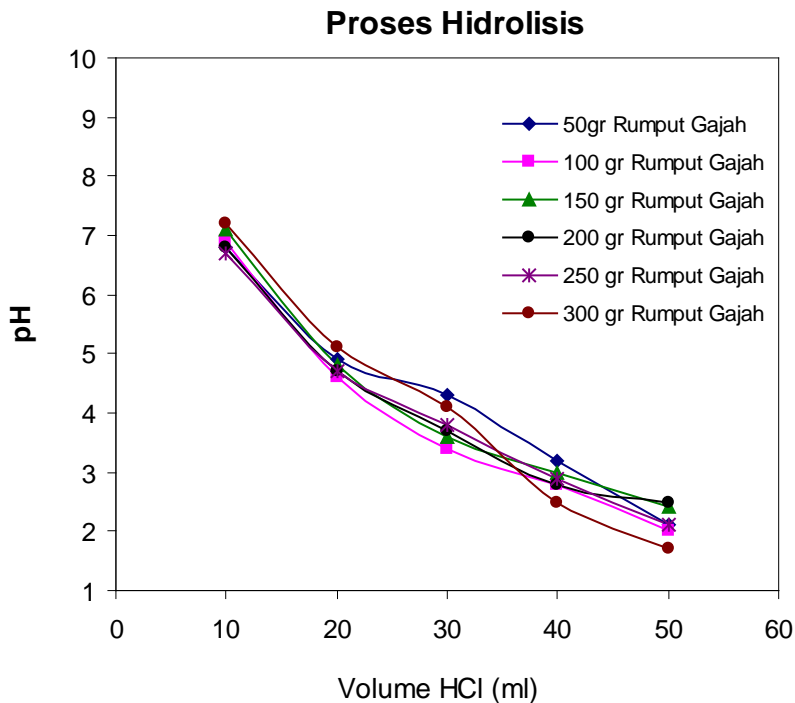
**Gambar 8.4. Proses Ekstraksi Rumput Gajah**

**Tabel 8.2. pH Filtrat dari Proses Hidrolisis**

No	pH					
	Berat (gr) R. Gajah	10 ml HCl	20 ml HCl	30 ml HCl	40 ml HCl	50 ml HCl
1	50	6,8	4,9	4,3	3,2	2,1
2	100	6,9	4,6	3,4	2,8	2,0
3	150	7,1	4,8	3,6	3,0	2,4
4	200	6,8	4,7	3,7	2,8	2,5
5	250	6,7	4,7	3,8	2,9	2,1
6	300	7,2	5,1	4,1	2,5	1,7
Jumlah		34,8	28,8	23,4	17,2	12,8
pH rata <sup>2</sup>		5,8	4,8	3,9	2,9	2,1

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

Filtrat diukur pH nya sesuai syarat proses fermentasi yaitu kurang lebih 4,5. Untuk memperoleh pH 4,5 dilakukan penambahan NaOH apabila pH filtrat dibawah 4,5 dan dilakukan penambahan asam sitrat apabila pH filtrat diatas 4,5. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui pH seperti tercantum dalam Tabel 8.2.



**Grafik 8.5. Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap pH pada Rumput Gajah**

Dari Grafik 8.1 diperoleh pengaruh pH terhadap penambahan volume HCl, dimana semakin besar penambahan volume HCl maka pH makin kecil. Karena dalam proses fermentasi dibutuhkan pH 4,5 maka penambahan volume HCl sebanyak 20 ml yang paling mendekati, untuk berat rumput gajah yang bervariasi.

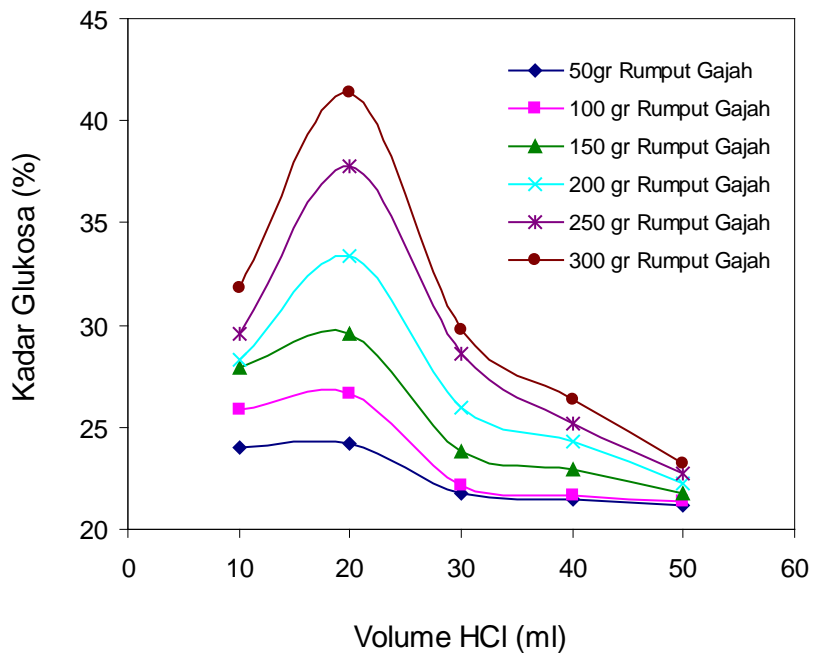
Sebelum dilakukan proses fermentasi, filtrate diukur kadar glukosa optimum yaitu kurang lebih 16 %, apabila kadar glukosa lebih dari 16 % dilakukan pengenceran, kalau kadar glukosa kurang dari 16 % dilakukan penambahan glukosa. Berdasarkan hasil analisa laboratorium diketahui kadar glukosa seperti tercantum dalam Tabel 8.3.

**Tabel 8.3. Kadar Glukosa dari Proses Hidrolisis**

No	Berat (gr) Rumput Gajah	Kadar Glukosa (%)				
		Volume HCl (ml)				
		10	20	30	40	50
1	50	24,0	24,2	21,8	21,5	21,2
2	100	25,9	26,6	22,1	21,7	21,4
3	150	27,9	29,6	23,8	22,9	21,8
4	200	28,3	33,4	26,0	24,3	22,2
5	250	29,6	37,8	28,6	25,2	22,7
6	300	31,8	41,4	29,8	26,3	23,2

Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim

### Proses Hidrolisis



**Grafik 5.6. Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap Kadar Glukosa pada Rumput Gajah**

Dari Table 8.3 setelah dibuat dalam bentuk grafik diperoleh kadar glukosa optimum pada penambahan volume HCl 20 ml. Penambahan volume HCl antara 10 – 30 ml menunjukkan proses hidrolisis maksimal dan diatas volume HCl 30 ml kinerja proses hidrolisis menurun.

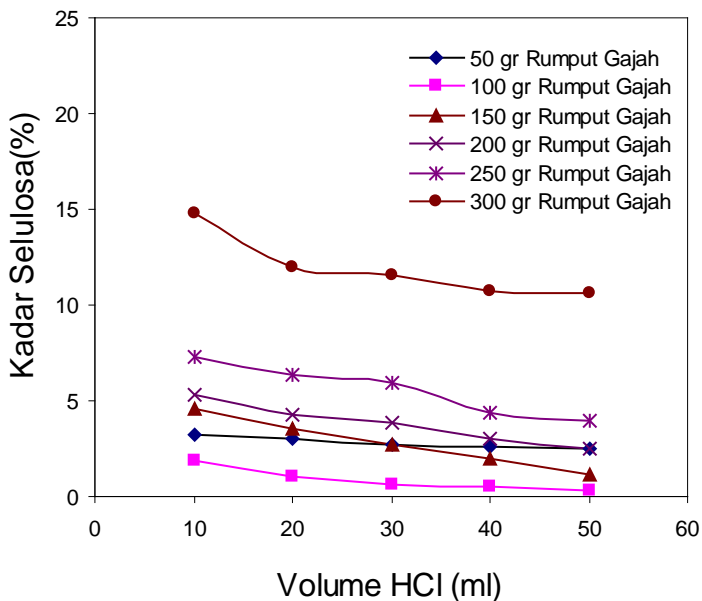
Sebelum dilakukan proses fermentasi diukur kadar selulosa yang masih terkandung dalam 10ltrate. Dari beberapa hasil analisa kadar selulosa diperoleh penurunan kadar selulosa setelah didiamkan 2-3 hari, setelah itu kadar selulosa tetap. Berdasarkan hasil analisa laboratorium diketahui kadar selulosa hari pertama dalam Tabel 8.4 dan hari ketiga seperti tercantum dalam Tabel 8.5.

**Tabel 8.4. Kadar Selulosa dari Proses Hidrólisis pada Hari Pertama**

No	Selulosa (%)					
	Berat (gr) R.Gajah	10 ml HCl	20 ml HCl	30 ml HCl	40 ml HCl	50 ml HCl
1	50	3,23	2,97	2,71	2,63	2,50
2	100	1,92	1,02	0,65	0,48	0,30
3	150	4,55	3,49	2,66	1,97	1,10
4	200	5,35	4,23	3,88	3,01	2,50
5	250	7,29	6,34	5,97	4,34	3,96
6	300	14,84	12,01	11,56	10,76	10,60

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

## Proses Hidrolisis



**Grafik 8.7. Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap Kadar Selulosa pada Hari Pertama**

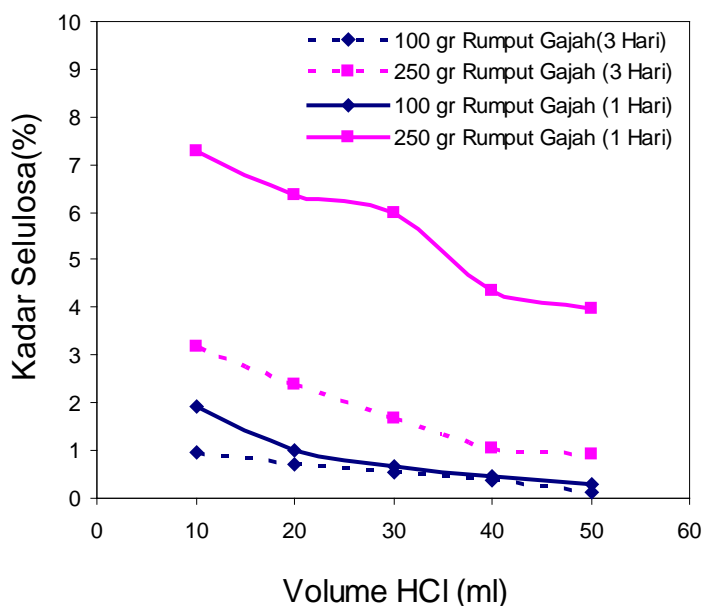
Dari Grafik 8.3 diperoleh pengaruh kadar selulosa terhadap penambahan volume HCl, dimana semakin besar penambahan volume HCl kadar selulosa makin kecil. Pada penambahan diatas volume HCl 40 ml grafik menunjukkan profil yang konstan, dari penambahan volume HCl 10 ml sampai 40 ml mempunyai kecendrungan profil menurun. Penambahan volume HCl sekitar (0,14 – 0,71) % merupakan jumlah yang sangat kecil, kemungkinan tidak akan berpengaruh terhadap produk bioethanol. Sekecil apapun penambahan HCl tetap akan dianalisa pada produk bioethanol akhir.

**Tabel 8.5. Kadar Selulosa dari Proses Hidrólisis pada Hari Ketiga**

No	Selulosa (%)					
	Berat (gr) R. Gajah	10 ml HCl	20 ml HCl	30 ml HCl	40 ml HCl	50 ml HCl
1	100	0,95	0,72	0,55	0,38	0,13
2	250	3,19	2,37	1,67	1,03	0,91

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

### Proses Hidrolisis



**Grafik 8.8. Pengaruh Penambahan Volume HCl terhadap Kadar Selulosa pada Hari Ketiga**

Setelah dilakukan analisa kadar selulosa setelah 3 hari proses hidrolisis menunjukkan penurunan kadar selulosa, hal ini disebabkan karena belum sempurna selulosa terdegradasi menjadi glukosa, penurunan kadar selulosa hari pertama sampai hari ketiga sekitar (44–49) %, ditunjukkan pada Grafik 8.4. Dalam proses fermentasi sebaiknya

digunakan filtrat hasil proses hidrolisis yang didiamkan selama 3 hari, karena kadar selulosa sisa menurun dan kadar glukosa makin besar.

#### 8.4. Proses Fermentasi Penelitian Tahun Pertama

Proses fermentasi filtrat rumput gajah seperti Gambar 8.5 dari proses hidrolisis dengan berat rumput gajah bervariasi yaitu pada 100 gram, 200 gram dan 250 gram dengan penambahan volume HCl 20 ml, kemudian dilakukan penambahan starter (*saccharomyces cerevisiae* cair) 8%, 10%, 12 %. Dengan waktu fermentasi 4, 5, 6, 7, 8 hari akan diperoleh kadar glukosa sisa, kadar ethanol dan kadar HCl. Tabel 8.6 untuk berat rumput gajah 100 gr, Tabel 8.7 untuk berat rumput gajah 200 gr dan Tabel 5.8 untuk berat rumput gajah 250 gr.



**Gambar 8.9. Proses Fermentasi Filtrat Rumput Gajah**



**Tabel 8.6. Kadar glukosa sisa, yeild ethanol dan kadar HCl dari proses fermentasi untuk berat rumput gajah 100 gr**

Rumput Gajah (gr)	Jumlah Starter (%)	Waktu Fermentasi (hari)	Kadar Glukosa Sisa (%)	Yeild Ethanol (%)	Kadar HCl (%)
100	8	4	3,326	29,25	0,101
		5	3,639	28,59	0,098
		6	3,106	30,31	0,091
		7	3,055	28,56	0,121
		8	3,082	28,81	0,131
	10	4	3,221	29,97	0,112
		5	3,468	29,56	0,095
		6	3,218	31,09	0,083
		7	3,137	28,81	0,119
		8	3,358	28,62	0,129
	12	4	3,403	29,24	0,109
		5	3,772	28,75	0,091
		6	3,569	30,60	0,084
		7	3,571	27,84	0,127
		8	3,587	27,56	0,137

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

**Tabel 8.7. Kadar glukosa sisa, yield ethanol dan kadar HCl dari proses fermentasi untuk berat rumput gajah 200 gr**

Rumput Gajah (gr)	Jumlah Starter (%)	Waktu Fermentasi (hari)	Kadar Glukosa Sisa (%)	Yeild Ethanol (%)	Kadar HCl (%)
200	8	4	3,456	29,25	0,101
		5	3,644	28,59	0,098
		6	3,207	30,31	0,091
		7	3,076	28,56	0,121
		8	3,068	28,81	0,131
	10	4	3,328	29,97	0,112
		5	3,582	29,56	0,095
		6	3,218	31,09	0,083
		7	3,149	28,81	0,119
		8	3,258	28,62	0,129
	12	4	3,552	29,24	0,109
		5	3,987	28,75	0,091
		6	3,564	30,60	0,084
		7	3,552	27,84	0,127
		8	3,518	27,56	0,137

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

**Tabel 8.8. Kadar glukosa sisa, yield ethanol dan HCl dari proses fermentasi untuk berat rumput gajah 250 gr**

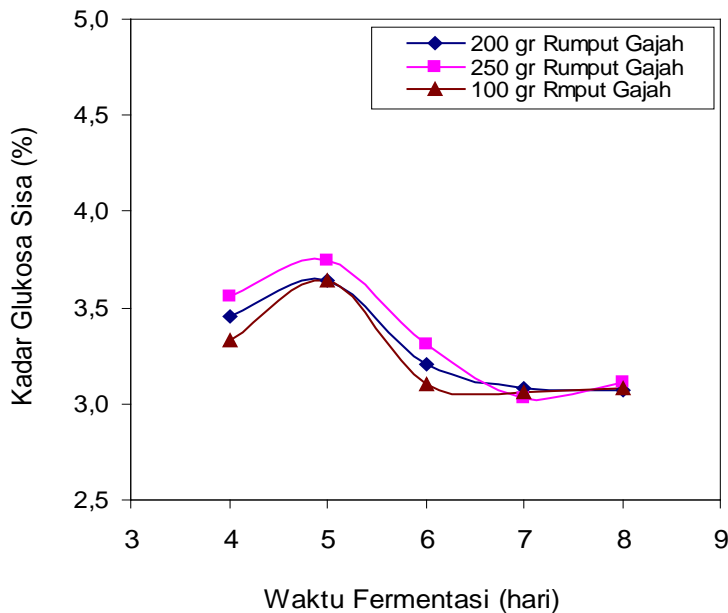
Rumput Gajah (gr)	Jumlah Starter (%)	Waktu Fermentasi (hari)	Kadar Glukosa Sisa (%)	Yeild Ethanol (%)	Kadar HCl (%)
250	8	4	3,561	29,98	0,111
		5	3,746	28,81	0,099
		6	3,309	31,06	0,089
		7	3,026	29,72	0,128
		8	3,112	29,44	0,142
	10	4	3,465	30,99	0,117
		5	3,631	30,56	0,105
		6	3,222	31,69	0,074
		7	3,254	28,23	0,135
		8	3,390	27,82	0,149
	12	4	3,661	29,53	0,127
		5	3,901	28,99	0,102
		6	3,664	30,96	0,076
		7	3,547	27,84	0,141
		8	3,599	27,91	0,152

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

#### 8.4.1. Pengaruh Waktu Fermentasi Pada Penambahan Starter 8 %

Pengaruh waktu fermentasi terhadap penambahan starter, akan berpengaruh terhadap kadar gula sisa, yeild ethanol dan kadar HCl sisa. Akan ditampilkan pada Grafik 8.5. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar glukosa sisa dengan jumlah starter 8 %, Grafik 8.6. Pengaruh waktu fermentasi terhadap yeild ethanol dengan jumlah starter 8 % dan Grafik 8.5. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar HCl sisa dengan jumlah starter 8 %.

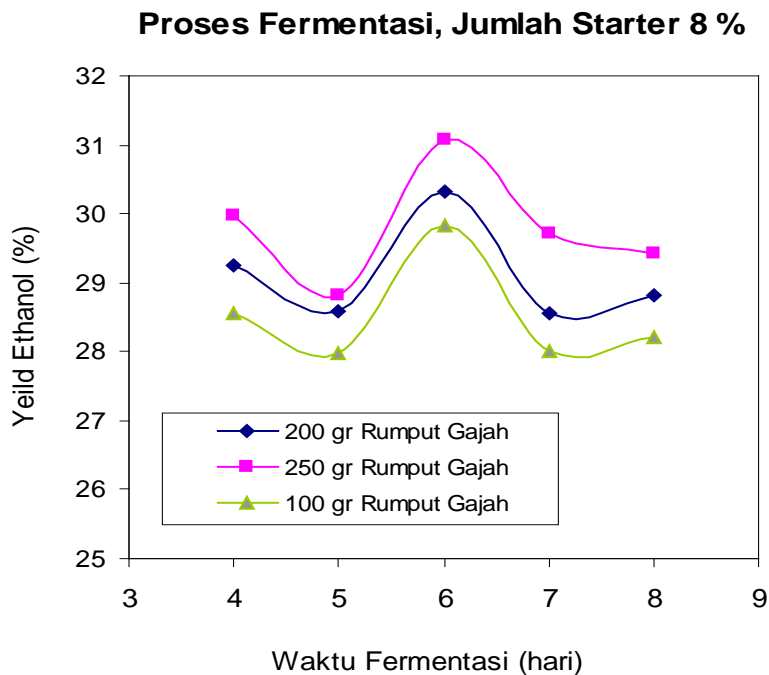
**Proses Fermentasi, Jumlah Starter 8 %**



**Grafik 8.10. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Glukosa Sisa, Jumlah Starter 8 %**

Pada Grafik 8.5 ditunjukkan saat waktu fermentasi 4 hari kadar glukosa sisa menunjukkan angka (3,2 - 3,6) %, semakin banyak rumput gajah kadar glukosa sisa makin besar. Pada saat waktu fermentasi 5 hari

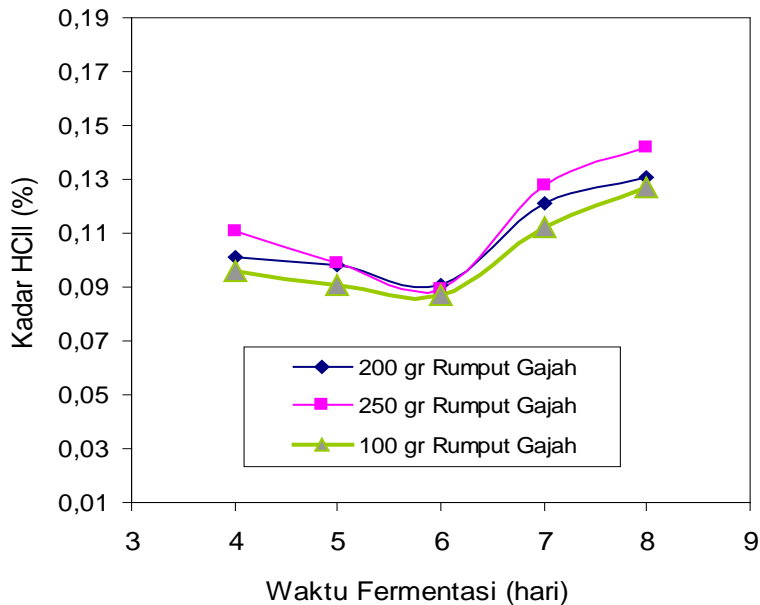
kadar glukosa sisa menunjukkan angka maksimum (3,6 - 3,8) %, perlahan-lahan kadar glukosa sisa menurun sampai waktu fermentasi 8 hari grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum, dimana kadar glukosa sisa menurun dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae* dan akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru.



**Grafik 8.11. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Yeild Ethanol, Jumlah Starter 8 %**

Pada Grafik 8.6 ditunjukkan yield ethanol pada waktu fermentasi 4 hari antara (28-30) %, makin banyak rumput gajah makin besar yield ethanol. Pada saat waktu fermentasi 5 hari yield ethanol menunjukkan angka maksimum (29,5 - 31) %, perlahan-lahan yield ethanol menurun sampai waktu fermentasi 8 hari grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum, dimana yield ethanol naik dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae* dan akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Pada proses fermentasi diperoleh kadar ethanol antara (9 - 12) %, karena pada saat proses fermentasi kadar glukosa yang diijinkan antara (14 - 16) % dengan pH (3 - 4,5), sehingga dengan diperoleh kadar ethanol antara (9 - 12) % proses fermentasi sudah berjalan baik dan diperoleh hasil yang maksimum.

### Proses Fermentasi, Jumlah Starter 8 %



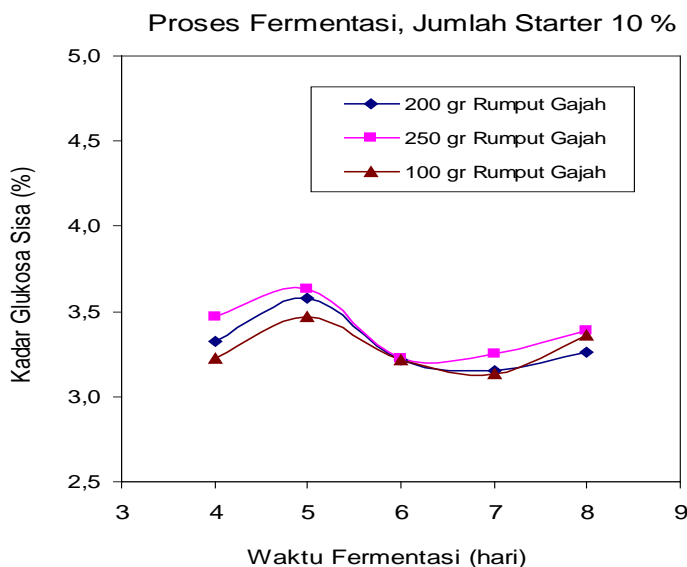
**Grafik 8.12. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar HCl, Jumlah Starter 8 %**

Pada Grafik 8.7 ditunjukkan kadar HCl sisa pada waktu fermentasi 4 hari antara (0,09 – 0,11) %, makin banyak rumput gajah makin besar kadar HCl sisa. Pada saat waktu fermentasi 5 hari kadar HCl sisa menunjukkan profil menurun sampai waktu fermentasi 6 hari dan perlahan-lahan mulai menunjukkan profil naik dan pada akhirnya profil konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum, dimana kadar HCl sisa turun dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu kadar HCl sisa naik dan terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae*,

akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Pada proses fermentasi diperoleh kadar HCl sisa antara (0,09 – 0,14) %, sedangkan pada proses fermentasi kadar HCl sisa yang diijinkan 2,5 %, sehingga dengan penambahan 200 ml HCl pada rumput gajah masih memenuhi syarat.

#### 8.4.2. Pengaruh Waktu Fermentasi Pada Penambahan Starter 10 %

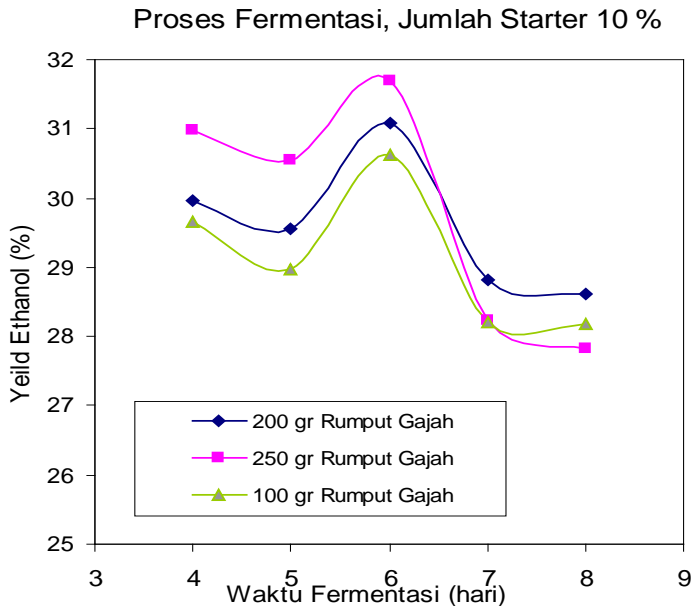
Pengaruh penambahan jumlah starter akan berpengaruh terhadap kadar gula sisa, yeild ethanol dan kadar HCl sisa. Akan ditampilkan pada Grafik 8.8. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar glukosa sisa dengan jumlah starter 10 %, Grafik 8.9. Pengaruh waktu fermentasi terhadap yeild ethanol dengan jumlah starter 10 % dan Grafik 8.10. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar HCl sisa dengan jumlah starter 10 %.



Grafik 8.13. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Glukosa Sisa, Jumlah Starter 10 %



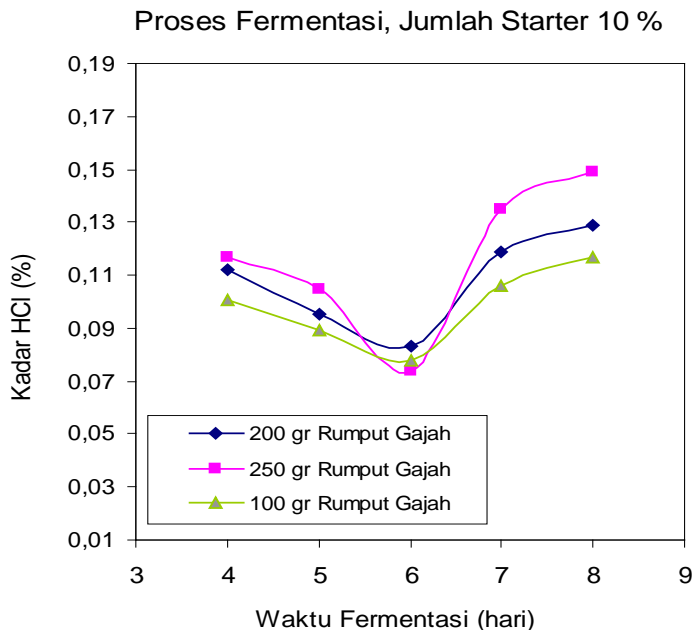
Pada Grafik 8.8 ditunjukkan saat waktu fermentasi 4 hari kadar glukosa sisa menunjukkan angka (3,2 - 3,5) %, semakin banyak rumput gajah kadar glukosa sisa makin besar, dibandingkan dengan penambahan starter 8% menunjukkan penurunan glukosa sisa antara (3,2 - 3,6) %. Pada saat waktu fermentasi 5 hari kadar glukosa sisa menunjukkan angka maksimum (3,3 - 3,6) %, perlahan-lahan kadar glukosa sisa menurun sampai waktu fermentasi 8 hari grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum, dimana kadar glukosa sisa menurun dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae* dan akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Secara keseluruhan terjadi penurunan glukosa sisa sekitar (0,2 - 0,3) %.



**Grafik 8.14. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Yeild Ethanol, Jumlah Starter 10 %**

Pada Grafik 8.9 ditunjukkan yield ethanol pada waktu fermentasi 4 hari antara (29,5 - 31) %, makin banyak rumput gajah makin besar yield ethanol. Pada saat waktu fermentasi 5 hari yield ethanol menunjukkan angka maksimum (29 - 30,5) %, perlahan-lahan yield ethanol menurun sampai waktu fermentasi 8 hari grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccaromyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum antara (30,5 - 31,6) % , dimana yield ethanol naik dan *saccaromyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccaromyces cereviceae* dan akhirnya *saccaromyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan

yang baru. Secara keseluruhan terjadi kenaikan yield ethanol sekitar 0,5 %.



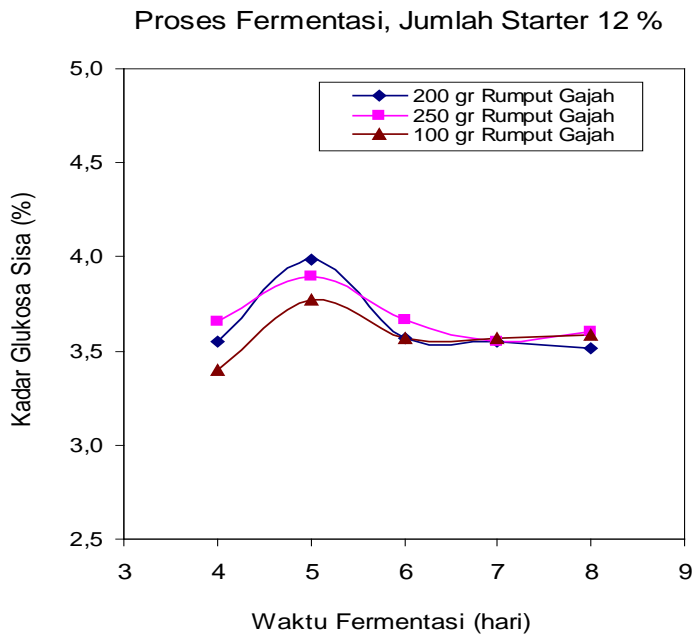
**Grafik 8.15. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar HCl, Jumlah Starter 10 %**

Pada Grafik 8.10 ditunjukkan kadar HCl sisa pada waktu fermentasi 4 hari antara (0,1 – 0,12) %, makin banyak rumput gajah makin besar kadar HCl sisa. Pada saat waktu fermentasi 5 hari kadar HCl sisa menunjukkan profil menurun sampai waktu fermentasi 6 hari dan perlahan-lahan mulai menunjukkan profil naik dan pada akhirnya profil konstan. Pada saat awal proses fermentasi menunjukkan kenaikan kadar HCl sisa sekitar 0,1 %, hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccaromyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah karena jumlah *saccaromyces cereviceae* makin banyak sehingga suplay makanan berkurang. Setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi

maksimum, dimana kadar HCl sisa turun dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu kadar HCl sisa naik dan terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae*, akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Pada proses fermentasi diperoleh kadar HCl sisa antara (0,07 – 0,15) %, pada awal dan akhir proses fermentasi kadar HCl sisa naik, saat waktu fermentasi 6 hari kadar HCl sisa menurun sekitar 0,02 % dibandingkan penambahan starter 8 %. Hal ini disebabkan karena penambahan jumlah starter dan mampu menyerap kadar HCl sisa lebih banyak.

#### **8.4.3. Pengaruh Waktu Fermentasi Pada Penambahan Starter 12 %**

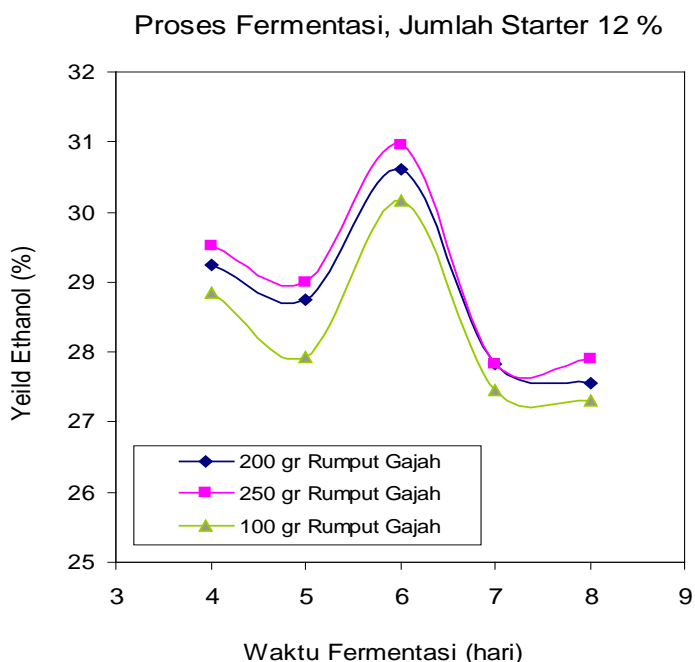
Pengaruh penambahan jumlah starter akan berpengaruh terhadap kadar gula sisa, yeild ethanol dan kadar HCl sisa. Akan ditampilkan pada Grafik 8.11. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar glukosa sisa dengan jumlah starter 12 %, Grafik 8.12. Pengaruh waktu fermentasi terhadap yeild ethanol dengan jumlah starter 12 % dan Grafik 8.13. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar HCl sisa dengan jumlah starter 12 %.



**Grafik 8.16. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Glukosa Sisa, Jumlah Starter 12 %**

Pada Grafik 8.11 ditunjukkan saat waktu fermentasi 4 hari kadar glukosa sisa menunjukkan angka (3,4 - 3,8) %, semakin banyak rumput gajah kadar glukosa sisa makin besar, dibandingkan dengan penambahan starter 10 % menunjukkan kenaikan kadar glukosa sisa antara (3,2 - 3,5) %. Pada saat waktu fermentasi 5 hari kadar glukosa sisa menunjukkan angka maksimum (3,7 - 4,0) %, perlahan-lahan kadar glukosa sisa menurun sampai waktu fermentasi 8 hari grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccaromyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum, dimana kadar glukosa sisa menurun dan *saccaromyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccaromyces cereviceae* dan akhirnya

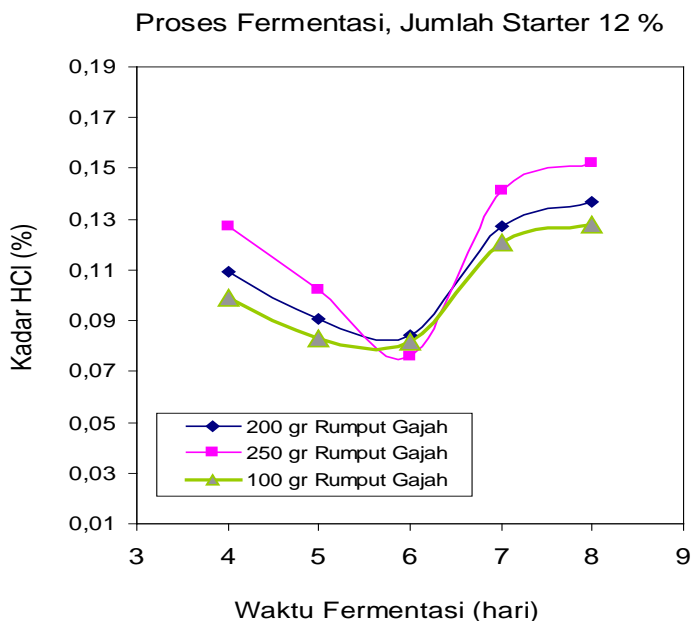
*saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Secara keseluruhan terjadi kenaikan kadar glukosa sisa sekitar (0,2 - 0,3) %.



**Grafik 8.17. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Yeild Ethanol, Jumlah Starter 12 %**

Pada Grafik 8.12 ditunjukkan yield ethanol pada waktu fermentasi 4 hari antara (28,5 - 29) %, makin banyak rumput gajah makin besar yield ethanol. Pada saat waktu fermentasi 5 hari yield ethanol menunjukkan angka minimum (27,5 - 29) %, perlahan-lahan yield ethanol naik sampai waktu fermentasi 8 hari grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum antara (30 - 31) %, dimana yield ethanol naik dan

*saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae* dan akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Secara keseluruhan terjadi penurunan yield ethanol sekitar (0,06 - 0,5) %.



**Grafik 8.18. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar HCl, Jumlah Starter 12 %**

Pada Grafik 8.13 ditunjukkan kadar HCl sisa pada waktu fermentasi 4 hari antara (0,1 – 0,13) %, makin banyak rumput gajah makin besar kadar HCl sisa. Pada saat waktu fermentasi 5 hari kadar HCl sisa menunjukkan profil menurun sampai waktu fermentasi 6 hari dan perlahan-lahan mulai menunjukkan profil naik dan pada akhirnya profil konstan. Pada saat awal proses fermentasi menunjukkan kenaikan kadar HCl sisa sekitar 0,1 % terhadap penambahan starter 10 %, hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau

adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah karena jumlah *saccharomyces cereviceae* makin banyak sehingga suplay makanan berkurang. Setelah waktu fermentasi 6 hari terjadi proses fermentasi maksimum, dimana kadar HCl sisa turun dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu kadar HCl sisa naik dan terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae*, akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Pada proses fermentasi diperoleh kadar HCl sisa antara (0,07 – 0,16) %, pada awal dan akhir proses fermentasi kadar HCl sisa naik, saat waktu fermentasi 6 hari kadar HCl sisa menurun sekitar 0,01 % dibandingkan penambahan starter 10 %.

## **8.5. Kesimpulan Dan Saran Penelitian Tahun Pertama**

### **a. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian kajian produksi bioethanol dari rumput gajah dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rumput gajah dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bioethanol
2. Berat rumput gajah terbaik : 250 gram
3. Volume NaOH terbaik : 20 ml
4. Kadar starter (*saccharomyces cereviceae*) terbaik : 10 %
5. Waktu Fermentasi terbaik : 6 jam
6. Kualitas Glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis :
  - \* Kadar glukosa : 37,8 %
  - \* Kadar Selulosa Sisa : 6,34 %
7. Kualitas dan kuantitas ethanol yang dihasilkan pada proses fermentasi :
  - \* Yeild ethanol : 31,69 %



- \* Kadar ethanol : (9 – 12) %
  - \* Kadar Glukosa Sisa : 3,222 %
  - \* Kadar HCl sisa : 0,074 %
8. Kadar ethanol setelah dilakukan proses distilasi : 95 %
  9. Volume ethanol yang dihasilkan pada proses fermentasi kurang lebih 316,9 gram/kg rumput gajah atau 323,4 ml/kg rumput gajah ; 0,32 liter/kg rumput gajah.
  10. Harga dasar produk ethanol : Rp 3.240/liter.

#### **b. SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian kajian produksi bioethanol dari rumput gajah dapat dilanjutkan proses produksi bioethanol berdasarkan yeild ethanol dan harga ethanol, maka hasil penelitian ini dapat diaplikasikan menjadi suatu industri bioethanol di Indonesia. Dalam rangka perolehan bioethanol dengan kadar 99,8 % masih memerlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kinerja bioethanol ini pada biofuel, industri, farmasi dan kedokteran.

## Lampiran Penelitian Tahun Pertama

### 1. Perhitungan Neraca Massa Kebutuhan Rumput Gajah

Berdasarkan analisa laboratorium diketahui data-data sebagai berikut :

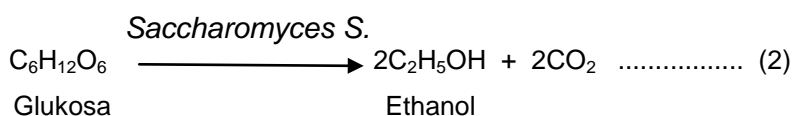
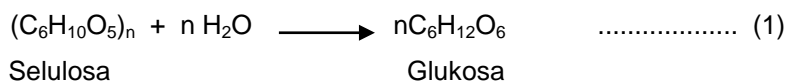
Tabel 8.9. Hasil Analilisa Konsentrasi Selulosa, Glukosa dan Pati

No	Parameter	Konsentrasi 1 (%)	Konsentrasi 2 (%)	Konsentrasi Rata-rata (%)
1	Selulosa	48,008	48,102	48,055
2	Glukosa	4,774	4,898	4,836
3	Pati	20,318	20,416	20,367
	TOTAL	73,100	73,416	73,258

Diketahui :

- Hidrogen (H) berat atom (BA) = 1
- Carbon (C) berat atom (BA) = 12
- Oksigen (O) berat atom (BA) = 15,99
- Selulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ) molekul relatif = 162
- Air ( $H_2O$ ) molekul relatif = 18
- Glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) molekul relatif = 180
- Ethanol ( $C_2H_5OH$ ) molekul relatif = 46
- Carbon dioksida ( $CO_2$ ) molekul relatif = 44

**Reaksi Kimia :**



Dalam 100 gram rumput gajah terdapat 48,055 gram selulosa :  $48,055 \text{ gram} / 162 = 0,2966 \text{ mol}$ .

Pada reaksi (1) :

Glukosa yang dihasilkan :  $0,2966 \text{ mol} = 0,2966 \text{ mol} \times 180 = 53,388 \text{ gram}$

Pada reaksi (2) :

Ethanol yang dihasilkan :  $2 \times 0,2966 \text{ mol} = 0,5933 \text{ mol}$

$$= 0,5933 \text{ mol} \times 46 = 27,291 \text{ gram}$$

CO<sub>2</sub> yang dihasilkan :  $2 \times 0,2966 \text{ mol} = 0,5933 \text{ mol}$

$$= 0,5933 \text{ mol} \times 44 = 26,105 \text{ gram}$$

## **2. Perhitungan Yeild Ethanol**

Yeild ethanol yang dihasilkan dari Tabel 5.8. adalah 31,69 %.

Dalam 100 gram rumput gajah terdapat 31,69 gram ethanol ; dalam 1000 gram rumput gajah terdapat 316,9 gram ethanol ; dalam 1 kg rumput gajah terdapat 316,9 gram ethanol, diketahui densitas ethanol = 0,98 gr/liter.

Sehingga dalam 1 kg rumput gajah diperoleh  $316,9 \text{ gram} / 0,98 \text{ (gr/ml)} = 323,4 \text{ ml}$

## **3. Perhitungan Analisa Ekonomi**

Produk ethanol yang dihasilkan :  $323,4 \text{ ml} = 0,3234 \text{ liter}$ .

Kebutuhan rumput gajah 1 kg dan harga rumput gajah Rp. 140 / kg.

Harga HCl : Rp. 3000/liter ; untuk 1 kg rumput gajah dibutuhkan  $20 \text{ ml} \times 4 =$

$80 \text{ ml}$ , sehingga dibutuhkan biaya  $80/1000 \times \text{Rp. } 3000 = \text{Rp. } 240$ .

Biaya listrik asumsi 1 % dari harga produk ( $\text{Rp. } 22.000$ ) = Rp 220

Biaya tenaga kerja asumsi 2 % dari harga produk ( $\text{Rp. } 22.000$ ) = Rp 440

Biaya lain-lain asumsi 10 % dari harga produk ( $\text{Rp. } 22.000$ ) = Rp 2200

Jadi Harga dasar produk ethanol : Rp. 3.240

#### **4. Keterlibatan Mahasiswa Dalam Penelitian**

Sesuai dengan usulan penelitian dimana dalam pelaksanaan penelitian melibatkan 2 Orang Mahasiswa. Dalam penelitian ini melibatkan 2 Orang Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia yang menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian dengan Judul Penelitian : " Kajian Produksi Bioethanol Dari Rumput Gajah" kedua mahasiswa tersebut :

1. Nama : Mitha Dwiana Dewi, NPM 0531010011
2. Nama : Teo Hudiko, NPM 0531010033

Kedua Mahasiswa tersebut telah lulus ujian sarjana bulan Juni 2009.

## 8.6. Perlakuan Awal Penelitian Tahun Kedua

Hasil penelitian kajian produksi bioethanol dari rumput gajah seperti berikut :

### 8.6.1. Kualitas Rumput Gajah



**Gambar 8.19. Rumput Gajah Daerah Kediri dan Malang**

Berdasarkan hasil analisis laboratorium diketahui kualitas rumput gajah seperti tercantum dalam Tabel 8.10.

**Tabel 8.10. Kualitas Rumput Gajah**

No	Parameter	Konsentrasi 1 (%)	Konsentrasi 2 (%)	Konsentrasi Rata-rata (%)
1	Selulosa	48,008	48,102	48,055
2	Glukosa	4,774	4,898	4,836
3	Pati	20,318	20,416	20,367
	TOTAL	73,100	73,416	73,258

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang tercantum dalam Tabel 8.10. tersebut diatas, diketahui bahwa jumlah unsur pembentuk bioethanol (selulosa, glukosa dan pati), untuk selulosa rata-rata sebesar 48,055 %, ini berarti jika seluruhnya bisa terhidrolisis secara sempurna diperoleh selulosa dalam jumlah yang besar. Dalam 100 gram rumput gajah dapat dihasilkan maksimum selulosa sebesar 48,055 gram. Disamping selulosa, pati juga bisa terhidrolisis secara sempurna diperoleh pati dalam jumlah yang besar. Dalam 100 gram rumput gajah dapat dihasilkan maksimum selulosa sebesar 20,318 gram. Mengingat komposisi selulosa dan pati yang tinggi pada rumput gajah, maka proses hidrolisis diharapkan berjalan dengan sempurna, sehingga jumlah selulosa dan pati terdegradasi secara sempurna menjadi glukosa sebesar 68,373 gram.

#### **8.6.2. Pemotongan Rumput Gajah**

Pemotongan rumput gajah dengan panjang kurang lebih 5 cm untuk memperoleh kadar glukosa yang tinggi dan selulosa bisa terhidrolisis dengan larutan HCl. Sebaiknya rumput gajah dibuat dalam bentuk powder, sehingga selulosa bisa terhidrolisis sempurna, akan tetapi dibutuhkan biaya yang lebih tinggi. Disamping itu juga dikhawatirkan kalau rumput gajah dalam bentuk powder terjadi destruksi secara fisik, sehingga menyebabkan gugus glukosa rusak. Pada Gambar 8.15 terlihat setelah dilakukan pemotongan dilakukan pengeringan secara alami, yaitu ditaruh diatas meja pada suhu kamar sebelum dilakukan pengeringan menggunakan oven.



**Gambar 8.20. Rumput Gajah setelah dipotong**

### **8.6.3. Pengeringan Rumput Gajah**



**Gambar 8.21. Pengeringan rumput gajah dengan dioven**

Pengeringan rumput gajah dilakukan secara alami terlebih dahulu dengan suhu kamar, setelah 2 – 3 hari baru dilakukan pengeringan dengan oven pada temperatur 100 °C selama 3 jam, hal ini dilakukan untuk penghematan biaya. Pengeringan merupakan proses yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam rumput gajah, bahan

sebelum dilakukan proses standar yang diijinkan berdasarkan SNI adalah sekitar 1 %.

### **8.7. Hidrolisis Rumput Gajah Penelitian Tahun Kedua**

Proses ekstraksi dilakukan secara batch, dengan berat rumput gajah 200 gram dan penambahan volume HCl 20 ml dalam 7 liter H<sub>2</sub>O. Setelah proses ekstraksi selesai diperoleh hasil berupa filtrat dan padatan, filtrat akan diproses secara proses fermentasi secara kontinyu untuk memperoleh kadar ethanol dan padatan bisa digunakan sebagai pupuk kompos.



**Gambar 8.22. Proses Ekstraksi Rumput Gajah secara batch**

pH rata-rata untuk 200 gram rumput gajah dan 20 ml HCl adalah 4,8. Filtrat diukur pH nya sesuai syarat proses fermentasi yaitu kurang lebih 4,5. Untuk memperoleh pH 4,5 dari pH rata-rata dilakukan penambahan NaOH, apabila pH rata-rata filtrat dibawah 4,5 dan dilakukan penambahan asam sitrat untuk memperoleh pH 4,5. Kualitas hasil filtrat rumput gajah adalah kadar glukosa yang diperoleh 63,69 % ; kadar selulosa sisa 3,35 % ; kadar pati sisa 3,56 % dan kadar HCl sisa 0,13 %.



### 8.8. Proses Fermentasi Penelitian Tahun Kedua

Proses fermentasi secara kontinyu pada filtrat rumput gajah seperti Gambar 8.18 hasil dari proses hidrolisis dengan berat rumput gajah pada 200 gram dengan penambahan volume HCl 20 ml, kemudian dilakukan penambahan starter (*saccharomycess sereviceai* cair) dengan kondisi berubah 8, 10, 12 (%), kondisi tetap waktu fermentasi 6 hari dan kondisi berubah rate filtrat 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1 (ml/menit). Data hasil proses fermentasi berupa berat rumput gajah, penambahan starter, rate filtrat, kadar glukosa sisa, kadar HCl, kadar ethanol dan yield ethanol dapat dilihat pada Tabel 5.2 untuk pengulangan-1.



**Gambar 8.23. Proses Fermentasi secara kontinyu**

**Tabel 8.11. Kadar glukosa sisa, kadar HCl sisa, kadar ethanol dan yield ethanol pada pengulangan-1**

Rumput Gajah (gr)	Jumlah Starter (%)	Rate Filtrat (ml/mnt)	Kadar Glukosa Sisa (%)	Kadar HCl (%)	Kadar Ethanol (%)	Yeild Ethanol (%)
200	8	0.2	2.456	0.102	11.25	59.27
		0.4	2.644	0.088	12.59	58.61
		0.6	2.207	0.089	13.31	60.39
		0.8	2.076	0.125	12.56	58.71
		1.0	2.068	0.135	12.81	58.91
	10	0.2	1.328	0.072	14.07	59.91
		0.4	1.582	0.065	13.86	59.68
		0.6	1.218	0.067	15.49	61.19
		0.8	1.149	0.106	12.91	58.67
		1.0	1.258	0.136	12.72	58.57
	12	0.2	2.552	0.106	11.24	59.37
		0.4	2.987	0.092	11.75	58.81
		0.6	2.564	0.091	14.60	60.64
		0.8	2.552	0.125	10.84	57.62
		1.0	2.518	0.141	10.56	57.71

Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim

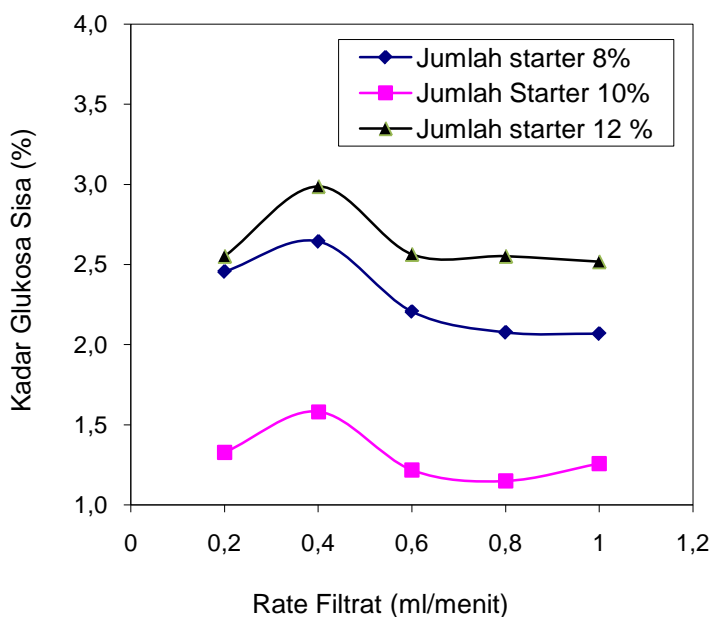
### 8.8.1. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Kadar Glukosa Sisa

Pengaruh rate filtrat terhadap kadar glukosa sisa, seperti Tabel 8.11, untuk jumlah starter *saccaromyces cereviceae* 8 %, 10 % dan 12 %, diperoleh rate filtrat maksimum pada 0,4 ml/menit, hal ini disebabkan karena didalam tangki reaktor jumlah filtrat hasil hidrolisis dan starter *saccaromyces cereviceae* masih sedikit, sehingga proses fermentasi belum optimal. Dengan bertambahnya jumlah filtrat hasil hidrolisis dan starter *saccaromyces cereviceae* maka glukosa sisa makin kecil, karena sudah difermentasi menjadi ethanol.

Dari Grafik 8.14 untuk kondisi berubah penambahan starter *saccaromyces cereviceae* 8 %, 10 % dan 12 %, dimana starter

*saccaromyces cereviceae* 10 % menunjukkan kadar glukosa sisa minimal hal ini disebabkan karena peneliti pendahulu menggunakan starter *saccaromyces cereviceae* 7,5 % dan alasan lain karena pada starter 8 % tidak semua filtrat terfermentasi sempurna. Akan tetapi lebih baik dibandingkan starter 12 %, karena pada starter 12 % filtrat sedikit sedangkan starter banyak terjadi pemborosan dan starter kurang nutrisi, sehingga tidak maksimal glukosa di proses menjadi ethanol.

### Proses Kontinyu Pada Fermentasi



**Grafik 8.24. Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar Glukosa Sisa**

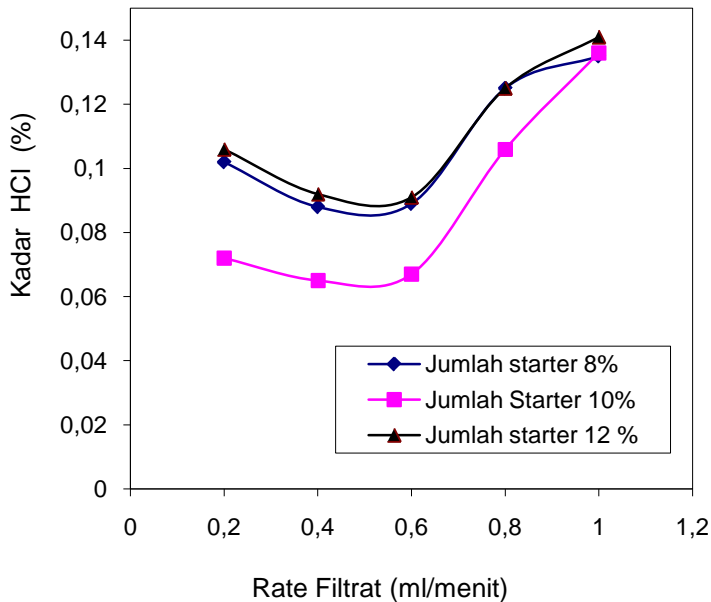
#### 8.8.2. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Kadar HCl Sisa

Dari Tabel 8.11, menunjukkan bahwa kadar HCl sisa maksimum 1,41 % dan kadar HCl sisa minimum 0,065 %, sedangkan pada proses

fermentasi kadar HCl sisa yang diijinkan 2,5 %, sehingga dengan penambahan 200 ml HCl pada rumput gajah masih memenuhi syarat.

Pada Grafik 8.15 ditunjukkan kadar HCl sisa pada waktu fermentasi 6 hari antara (0,065 – 0,141) %, makin banyak rumput gajah makin besar kadar HCl sisa hal ini disebabkan dari tanah tempat rumput gajah hidup, akan bervariasi kadar HCl sisa tergantung dari daerah dan lokasi, untuk daerah pegunungan akan diperoleh kadar HCl sisa yang kecil dibandingkan daerah dekat pantai atau dataran rendah, karena dipengaruhi air laut sehingga kadar HCl sisa akan besar. Pada saat starter *saccharomyces cereviceae* 8 %, kadar HCl sisa menunjukkan profil terbaik atau minimum, karena sudah memenuhi standar yang ditentukan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah starter *saccharomyces cereviceae* 8 % terjadi proses fermentasi maksimum, dimana kadar HCl sisa turun dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu kadar HCl sisa naik dan terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae*, akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru.

### Proses Kontinyu Pada Fermentasi



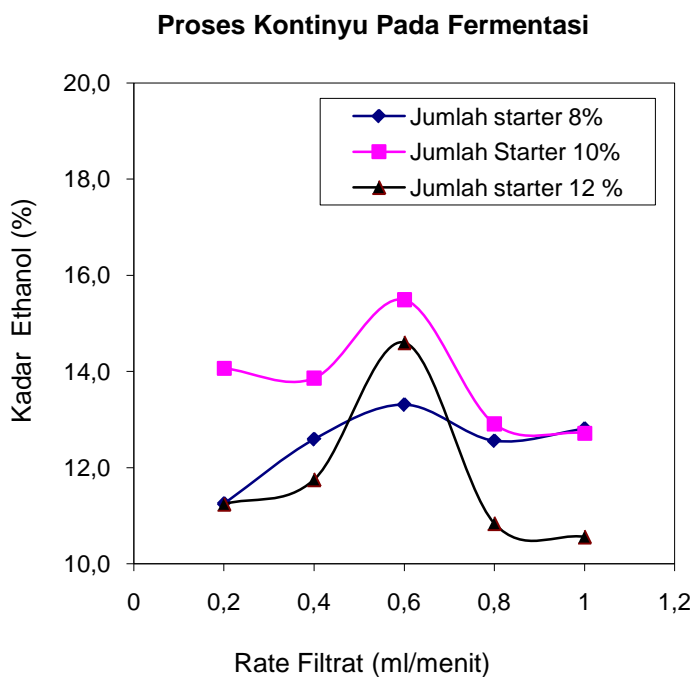
**Grafik 8.25. Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar HCl**

#### 8.8.3. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Kadar Ethanol

Dari Tabel 8.11, menunjukkan bahwa kadar ethanol maksimum 15,49 % dan kadar ethanol minimum kadar 10,56 % sedangkan hasil fermentasi umumnya 10-16 %, hal ini karena proses fermentasi berlangsung baik, disamping itu bekerja optimum pada penambahan starter 10 % dan sudah dilakukan penelitian sebelumnya secara batch.

Pada Grafik 8.16 ditunjukkan kadar ethanol pada rate filtrate 0,6 %, kadar ethanol menunjukkan angka maksimum 15,49 %, perlahan-lahan kadar ethanol menurun sampai rate filtrate 1,0 % grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccaromyces cereviceae*

dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah starter *saccharomyces cereviceae* 8 %, terjadi proses fermentasi maksimum, dimana yield ethanol naik dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae* dan akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Pada proses fermentasi kadar glukosa yang diijinkan antara (14 - 16) % dengan pH (3 - 4,5), sehingga dengan diperoleh kadar ethanol antara 15,49 % proses fermentasi sudah berjalan baik dan diperoleh hasil yang maksimum.



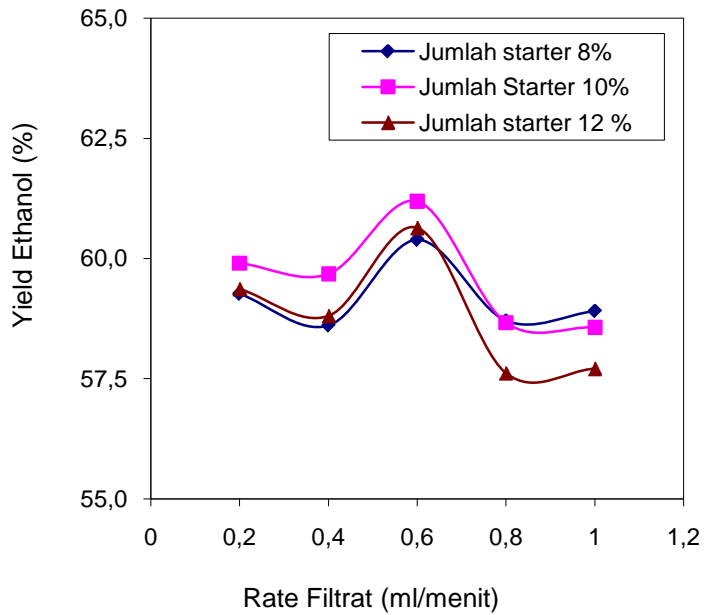
**Grafik 8.26 Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar Ethanol**

#### 8.8.4. Pengaruh Rate Filtrat Terhadap Yield Ethanol

Dari Tabel 8.11, menunjukkan bahwa yield ethanol maksimum 61,19 % dan kadar yield minimum kadar 57,62 % sedangkan jumlah kadar selolosa, glukosa dan pati pada bahan baku adalah 73,258 %. Maka penelitian yang dilakukan cukup baik yaitu sekitar 83,5267 % menjadi produk, setiap 100 gram rumput gajah diperoleh 83,5267 gram ethanol. Dibandingkan dengan proses batch yield ethanol yang dihasilkan 31,69 ; pada proses kontinyu memberikan yield yang lebih besar.

Pada Grafik 8.17, ditunjukkan yield ethanol maksimum pada starter *saccharomyces cereviceae* antara (6 - 10) % adalah (60 - 62) %, makin banyak rumput gajah makin besar yield ethanol. Pada saat starter *saccharomyces cereviceae* 8 % yield ethanol menunjukkan angka maksimum (61,19) %, perlahan-lahan yield ethanol menurun pada saat starter *saccharomyces cereviceae* (0,6 - 1) ml/mnt sampai grafik menunjukkan konstan. Hal tersebut disebabkan pada awal fermentasi terjadi penyesuaian atau adaptasi antara *saccharomyces cereviceae* dengan filtrat hasil hidrolisis rumput gajah, setelah starter *saccharomyces cereviceae* 8 % terjadi proses fermentasi maksimum, dimana yield ethanol naik dan *saccharomyces cereviceae* bekerja dengan baik, setelah itu terjadi proses regenerasi *saccharomyces cereviceae* dan akhirnya *saccharomyces cereviceae* mati perlu dilakukan regenerasi atau penggantian dengan yang baru. Pada proses fermentasi diperoleh kadar ethanol antara 10 - 16) %, karena pada saat proses fermentasi kadar glukosa yang diijinkan antara (14 - 16) % dengan pH (3 - 4,5), sehingga dengan diperoleh kadar ethanol antara (10 - 16) % proses fermentasi sudah berjalan baik dan diperoleh hasil yang maksimum.

### Proses Kontinyu Pada Fermentasi



**Grafik 8.27. Pengaruh Rate Filtrat terhadap Kadar Yield**



**Tabel 8.12. Kadar glukosa sisa, kadar HCl, kadar ethanol dan yield ethanol pada pengulangan-2**

Rumput Gajah (gr)	Jumlah Starter (%)	Rate Filtrat (ml/mnt)	Kadar Glukosa Sisa (%)	Kadar HCl (%)	Kadar Ethanol (%)	Yeild Ethanol (%)
200	8	0.2	2.444	0.106	11.75	59.89
		0.4	2.622	0.089	11.92	58.21
		0.6	2.195	0.082	13.53	60.66
		0.8	2.062	0.128	11.21	58.79
		1.0	2.043	0.136	11.62	58.53
	10	0.2	1.314	0.076	14.43	59.67
		0.4	1.570	0.067	13.86	59.89
		0.6	1.205	0.069	15.97	61.22
		0.8	1.136	0.101	12.02	58.58
		1.0	1.240	0.132	12.65	58.25
	12	0.2	2.541	0.109	11.32	59.92
		0.4	2.949	0.097	11.09	58.65
		0.6	2.551	0.098	13.60	60.83
		0.8	2.540	0.126	10.78	57.92
		1.0	2.502	0.131	10.59	57.72

Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim

**Tabel 8.13. Kadar glukosa sisa, kadar HCl, kadar ethanol dan yield ethanol pada pengulangan-3**

Rumput Gajah (gr)	Jumlah Starter (%)	Rate Filtrat (ml/mnt)	Kadar Glukosa Sisa (%)	Kadar HCl (%)	Kadar Ethanol (%)	Yeild Ethanol (%)
200	8	0.2	2.466	0.121	11.47	59.88
		0.4	2.647	0.08	11.88	58.26
		0.6	2.177	0.079	13.24	60.77
		0.8	2.066	0.131	11.67	58.74
		1.0	2.046	0.141	11.89	58.67
	10	0.2	1.370	0.078	14.66	59.61
		0.4	1.561	0.072	13.76	59.82
		0.6	1.211	0.07	15.98	61.26
		0.8	1.151	0.108	12.35	58.51
		1.0	1.540	0.157	12.78	58.67
	12	0.2	2.571	0.107	11.46	59.99
		0.4	2.948	0.099	11.99	58.68
		0.6	2.559	0.089	13.60	60.87
		0.8	2.548	0.134	10.21	57.90
		1.0	2.532	0.129	10.88	57.76

*Sumber : Laboratorium Instrumentasi FTI/TK UPN "Veteran" Jatim*

Pengulangan dilakukan pada proses kontinyu karena untuk melihat kinerja proses dari alat yang digunakan. Dari pengulangan-1 dan pengulangan-2 diperoleh hasil yang tidak jauh berbeda, mempunyai penyimpangan hasil kurang lebih (0,3 - 0,6 ) % sehingga alat tersebut layak digunakan.

## 8.9. KESIMPULAN DAN SARAN

### a. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian kajian produksi bioethanol dari rumput gajah dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rumput gajah dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bioethanol
2. Berat rumput gajah : 200 gram
3. Volume NaOH terbaik : 20 ml
4. Waktu Fermentasi : 6 (jam)
5. Kadar starter (*saccaromyces cereviceae*): 8, 10, 12 (%)
6. Rate filtrat : 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 (ml/mnt)
7. Kualitas yang dihasilkan pada proses hidrolisis :
  - \* Kadar glukosa : 63,69 %
  - \* Kadar Selulosa Sisa : 5,34 %
  - \* Kadar pati sisa : 3,56 %
  - \* Kadar HCl sisa : 0,13 %
8. Kualitas dan kuantitas yang dihasilkan pada proses fermentasi :
  - \* Yeild ethanol : (57-62) %
  - \* Kadar ethanol : (10-16) %
  - \* Kadar Glukosa Sisa : (1-3) %
  - \* Kadar HCl sisa : (0,06-0,14) %
9. Kadar ethanol setelah dilakukan proses distilasi : (92-95) %

### b. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian kajian produksi bioethanol dari rumput gajah dapat dilanjutkan proses produksi bioethanol berdasarkan yeild ethanol dan harga ethanol, maka hasil penelitian ini dapat diaplikasikan menjadi suatu industri bioethanol di Indonesia. Dalam rangka perolehan bioethanol pro analisis (pa) dengan kadar 99,8 %

masih memerlukan penelitian lanjutan. Lebih dikembangkan lagi penggunaan ethanol terutama dibidang biofuel, industri, farmasi dan kedokteran.

## **8.10. LAMPIRAN PENELITIAN TAHUN KEDUA**

### **1. Perhitungan Neraca Massa Kebutuhan Rumput Gajah**

Berdasarkan analisa laboratorium diketahui data-data sebagai berikut :

Tabel 8.14. Hasil Analilisa Konsentrasi Selulosa, Glukosa dan Pati

No	Parameter	Konsentrasi 1 (%)	Konsentrasi 2 (%)	Konsentrasi Rata-rata (%)
1	Selulosa	48,008	48,102	48,055
2	Glukosa	4,774	4,898	4,836
3	Pati	20,318	20,416	20,367
	TOTAL	73,100	73,416	73,258

Diketahui :

8.11. Hidrogen (H) berat atom (BA) = 1

8.12. Carbon (C) berat atom (BA) = 12

8.13. Oksigen (O) berat atom (BA) = 15,99

8.14. Selulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ) molekul relatif = 162

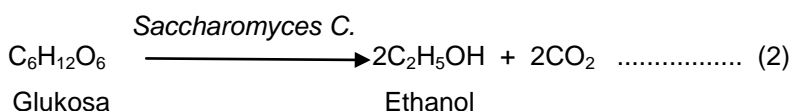
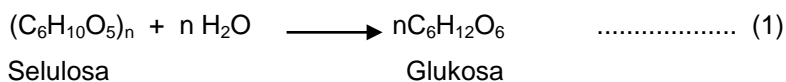
8.15. Air ( $H_2O$ ) molekul relatif = 18

8.16. Glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) molekul relatif = 180

8.17. Ethanol ( $C_2H_5OH$ ) molekul relatif = 46

8.18. Carbon dioksida ( $CO_2$ ) molekul relatif = 44

## Reaksi Kimia :



Dalam 100 gram rumput gajah terdapat 48,055 gram selulosa : 48,055 gram / 162 = 0,2966 mol.

Pada reaksi (1) :

Glukosa yang dihasilkan : 0,2966 mol = 0,2966 mol x 180 = 53,388 gram

Pada reaksi (2) :

Ethanol yang dihasilkan : 2 x 0,2966 mol = 0,5933 mol

$$= 0,5933 \text{ mol} \times 46 = 27,291 \text{ gram}$$

CO<sub>2</sub> yang dihasilkan : 2 x 0,2966 mol = 0,5933 mol

$$= 0,5933 \text{ mol} \times 44 = 26,105 \text{ gram}$$

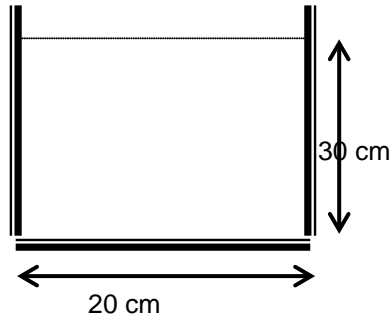
## 2. Perhitungan Yeild Ethanol

Yeild ethanol yang dihasilkan dari Tabel 5.1. adalah 61,69 %.

Dalam 100 gram rumput gajah terdapat 61,69 gram ethanol ; dalam 1000 gram rumput gajah terdapat 616,9 gram ethanol ; dalam 1 kg rumput gajah terdapat 616,9 gram ethanol, diketahui densitas ethanol = 0,98 gr/liter.

Sehingga dalam 1 kg rumput gajah diperoleh 616,9 gram / 0,98 (gr/ml) = 629,5 ml

### 3. Design Tangki Hidrolisis dan Tangki Fermentasi



$$V = \pi r^2 t$$

V = volume tangki hidrolisis

$$\pi = 3,14$$

r = jari-jari tangki hidrolisis = 10 cm

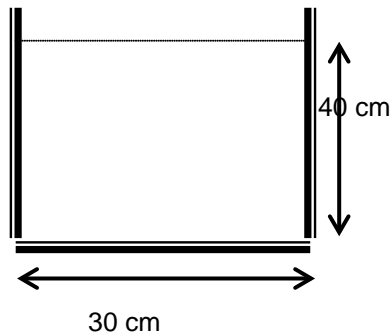
t = tinggi tangki hidrolisis = 30 cm

$$V = 3,14 \times 10^2 \times 30 = 9420 \text{ cm}^3 = 9420 \text{ ml} = 9,42 \text{ liter}$$

Tangki hidrolisis = 2 buah

Tangki fermentasi = 1 buah

### 4. Design Tangki Penampung



$$V = \pi r^2 t$$

V = volume tangki penampung

$$\pi = 3,14$$

r = jari-jari tangki penampung = 15 cm

t = tinggi tangki penampung = 40 cm

$$V = 3,14 \times 15^2 \times 40 = 2826 \text{ cm}^3 = 2826 \text{ ml} = 28,26 \text{ liter}$$

Tangki penampung = 1 buah

## **5. Keterlibatan Mahasiswa Dalam Penelitian**

Sesuai dengan usulan penelitian dimana dalam pelaksanaan penelitian melibatkan 2 Orang Mahasiswa. Dalam penelitian ini melibatkan 2 Orang Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia yang menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian dengan Judul Penelitian : " Kajian Produksi Bioethanol Dari Rumput Gajah" kedua mahasiswa tersebut :

Nama : Komang Yudy Dharmawan, NPM 0831010042

Nama : Adinda Gitawati, NPM 0831010054

Kedua Mahasiswa tersebut adalah dalam studi semester V.

## DAFTAR PUSTAKA

- Buckle, KA, (1985), "**Ilmu Pangan**", Universitas Indonesia, Jakarta.
- Dwijoseputro, (1982), "**Dasar – Dasar Mikrobiologi**", Djambatan, Malang.
- Fengel D., Wegener, G. (1985), "**KAYU (Kimia Ultrastruktur Reaksi-Reaksi)**", UGM Press Yogyakarta.
- Fiesser dan Fisser, (1963), "**Pengantar Kimia Organik**", Dhiwantara, Bandung.
- Ilroy R. J., (1990), "**Pengantar Budidaya Padang Rumput Tropika**".
- Judoamidjojo, Mulyono, (1992), "**Teknologi Fermentasi**", Rajawali Press Jakarta
- Kirk Othmer, "**Encyclopedya of Chemical Technology**", Vol. 8, John Wileys nd Sons. Inc.
- Sardjoko, (1991), "**Bioteknologi**", Gramedia, Jakarta.
- Soebijanto T., (1986), "**HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya**", Gramedia Jakarta.
- Sari N. K., Kuswandi, Nonot S., Renanto Handogo, (2006), "**Komparasi Peta Kurva Residu Sistem Terner ABE Dengan Metanol-Etanol-1-Propanol**", Jurnal REAKTOR, Jurusan Teknik Kimia UNDIP Semarang, Vol. 13, No. 2.
- Sari N. K., Kuswandi, Nonot S., Renanto Handogo, (2007), "**Pemisahan Sistem Biner Etanol-Air Dan Sistem Terner ABE Dengan Distilasi Batch Sederhana**", Jurnal INDUSTRI Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Industri ITS Surabaya Vol. 6, No.5.



Sari N. K., "**Kajian Produksi Bioethanol Dari Rumput Gajah secara Proses batch**", Hibah Bersaing DIKTI 2009.

Sari N. K., "**Kajian Produksi Bioethanol Dari Rumput Gajah secara Proses Semi Kontinyu**", Hibah Bersaing DIKTI 2010.

<http://209.85.175.104/search?q=cache:R1QSmXmLfvQJ:manglayang.blogspot.com/2005/12/31/hijauan-pakan-ternak-rumput-gajah-pennisetumpurpleum/+kandungan+rumput+gajah&hl=id&ct=clnk&cd=2&gl=id>

# Lampiran

Rumput Gajah  
HCL



+

Rumput Gajah kering



Larutan



Proses Hidrolisis



Ampas

Larutan Hasil

Hidrolisis/Glukosa

**Gambar 1. Proses hidrolisis**



*Saccharomyces Cerevisiae*

Pengenceran *Saccharomyces*

*Cerevisiae*

dalam larutan gula 5%



Pencampuran bahan media agar  
*Cerevisiae*



Penanaman *Saccharomyces*



Pembiakan *Saccharomyces Cerevisiae*

**Gambar 2. Pembuatan Media Agar**



Pencampuran bahan Media Cair  
sekali



Pengambilan sample setiap 2 jam  
sekali



Penyaringan sample  
*Saccharomyces*



Pengeringan sample  
*Cerevisiae*

**Gambar3. Pembuatan Kurva Pertumbuhan**



Kecambah



Pencampuran Bahan Media Kecambah

**Gambar 4. Pembuatan Media Kecambah**





Persiapan Botol Fermentasi



Pemasukan Filtrat Glukosa



Fermentasi Awal  
hari

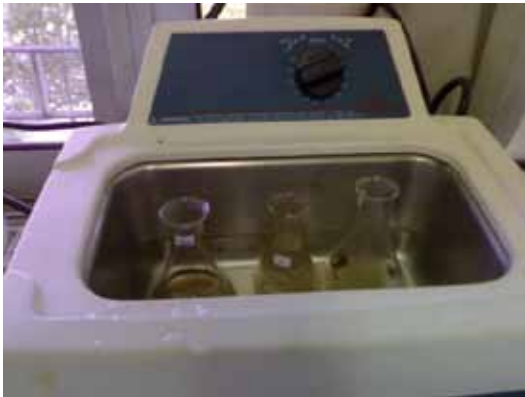


Fermentasi setelah 6

**Gambar 5. Proses Fermentasi**



**Gambar 6. Proses Distilasi**



Penggojogan



Penyaringan dengan membrane



Pengujian dengan HPLC

### **Gambar 7. Analisa dengan HPLC**



**Ni Ketut Sari**, kini menjadi dosen tetap (Lektor Kepala) di Jurusan Teknik Kimia Kemudian menyelesaikan Program Sarjana (S1) dengan gelar Sarjana Teknik (Insinyur) Kimia di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur pada tahun 1990. Kemudian menyelesaikan Program Pascasarjana (S2) Program Studi Teknik Kimia dengan gelar Magister Teknik (MT) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2001. Kemudian menyelesaikan Program Doktor (S3) Program Studi Teknik Kimia dengan gelar Doktor Teknik Kimia (Dr) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2007.

Sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) Departemen Pertahanan Republik Indonesia sejak tahun 1992 hingga sekarang. Pernah menjabat sebagai Kasie Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia pada tahun 2001 sampai tahun 2009.

Buku yang pernah ditulis adalah "*Simulasi Sistem Biner Etanol-Air, Aseton-n-Butanol, Aseton-Etanol, Etanol-n-Butanol Dengan Distilasi Batch Sederhana*", Penerbit Mitra Alam Sejati, ISBN:979-3455-87-X, Surabaya, Tahun 2006. "*Simulasi Pemisahan Multi Komponen Yng Berpotensi Membentuk Campuran Azeotrop Heterogen (Butanol-Air) Dengan Berbagai Harga Refluk Ratio*", Penerbit Mitra Alam Sejati, ISBN:979-3455-68-X, Surabaya, Tahun 2006. "*Simulasi Sistem Terner Aseton-n-Butanol-Etanol Dengan Distilasi Batch Sederhana*", Penerbit Mitra Alam Sejati, ISBN:979-3455-88-8, Surabaya, Tahun 2007. "*Penentuan Peta Kurva Residu Sistem Terner Aseton-n-Butanol-Etanol Dengan Distilasi Batch Sederhana*", Penerbit Mitra Alam Sejati, ISBN:979-3455-89-6, Surabaya, Tahun 2007. "*Simulasi Pengaruh Tekanan Terhadap Kinerja Kolom Distilasi Pada Pemisahan Campuran Aseton-Etanol-Air-n-Butanol*", Penerbit ASRI press, ISBN:978-979-1483-30-8, Sidoarjo, Jawa Timur, Tahun 2009. "*Analisa Instrumentasi*" Penerbit Yayasan Humaniora, ISBN:978-979-3327-67-9, Klaten, Jawa Tengah, Tahun 2009.

Selain buku-buku tersebut diatas, penulis pernah mendapatkan dana penelitian Hibah Bersaing tahun 2009 dan tahun 2010 dari Direktorat Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DP2M) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional. Selain karya tulis ilmiah yang berupa hasil penelitian, penulis juga menulis makalah ilmiah yang disajikan dalam forum ilmiah secara Nasional dan Internasional, Jurnal ilmiah maupun dalam Jurnal Terakreditasi.